

Információrobbanás
és a kémia oktatása

(Dr. Szalay Tibor)

Miből van a proton

(Dr. Széll Tamás)

Természetkutató vetélkedő

(Zeke Istvánné)

Membrántechnika
és alkalmazási lehetőségei
az élelmiszeriparban

(Dr. Hodúr Cecília)

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Dr. Tóth Zoltán

Dr. Soltész György

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Kovács Attila

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301.

Éves előfizetési díj: 980 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási Minisztérium és a Soros Alapítvány támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

a Generál Print Nyomda Kft.-ben

TARTALOM

Az évezred küszöbén...

Dr. Adamkovich István

főszerkesztő

Információrobbanás és a kémia oktatása

Dr. Szalay Tibor

ny. egyetemi tanár, KLTE

Miből van a proton?

Dr. Széll Tamás

emeritus professzor, SZTE

Természetkutató vetélkedő a Pécsi Tudományegyetem

1. sz. Gyakorló Általános Iskolájában

Zeke Istvánné

tanár

Membrántechnika és alkalmazási lehetőségei
az élelmiszeriparban

Dr. Hodúr Cecília

főiskolai tanár, SZTE

A klorofilok és a karotinoidok felhalmozódása
fény- és árnyékkedvelő növényekben

Benedek Zsófia – Dénes Júlia

11. osztályos tanulók, ELTE Trefort Ágoston Gyakorlóiskola

Richter Gedeon Alapítvány
a Magyar Kémia Oktatásáért 2000. évi díjazottjai

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 6-8 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés).

A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szöveggel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézések név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalmak alfabetikus sorrendben készüljenek.

Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Adamkovich István

Az évezred küszöbén...



Talán nem tűnik képzavarnak az a kijelentés, hogy a magyar természettudományos oktatás felett viharfelhők tornyosulnak. Ezt a megállapítást nem kell drága és körmönfont felmérésekkel igazolni, sok egyértelmű, árulkodó jel mutatja az átlagember természettudományos analfabétizmusát. Elég csak arra gondolnunk, hogy napjainkban az okkult áltudományok milyen ellenállás nélkül hatolnak be az emberek tudatába.

A kémiatudomány és a vegyipar negatív társadalmi megítélése már-már sikk a politikusok érveléseiben, megnyilatkozásaiban. Az elmúlt 10-15 évben, ezzel szoros összefüggésben, a közoktatásban és a felsőoktatásban a kémia tantárgy presztízisének soha nem látott mélyrepülése kezdődött el, és hogy ez napjainkban már nem folytatódik, annak az az egyszerű oka, hogy a jelenlegi állapotnál már nincs lejjebb.

Az okokat keresve nehéz lenne egy tényezőre visszavezetni a jelenlegi siralmas állapotot. Egyben biztosak lehetünk, hogy nem a kémia-tanároknak kell szégyenkezniük ezért. A felelősségük nagy, de a problémák nem itt gyökereznek.

Politikusok, oktatáspolitikusok és neveléstudományi szakemberek csatateret lett a magyar közoktatás. A percemberekkel, kóklerekkel, konjunktura-lovagokkal, áltudósokkal szemben hiányoznak a hiteles emberek; pedig vannak ilyenek, de szavuk nem hallatszik messzire.

Sajnos, a neveléstudomány új paradigmái nem a tudományos igazság tengelyén forognak, hanem a pénz körül. Miközben megalázó anyagi körülmények közé kerültek a tanárok, a székházakban egyre fényesebben csillog a sárgarézkorlát (Cu-Zn) és a márványburkolat (CaCO_3).

Már a nemzeti alaptanterv is jókora ütést mért a kémiára, de a kerettanterv megadta a végső döfést. Naivitás és optimizmus ezek után kijelenteni, de folyóiratunk továbbra is szeretne tiszta forrása lenni a kémiatanításnak. Várjuk a tanárok (általános és középiskolai tanárok, egyetemi és főiskolai oktatók) írásait. Legyen önbizalmuk, ne sajnálják a fáradságot, és írják meg gondolataikat! A pedagógiában nincsenek „kis” és „nagy” ötletek, csak igazak és hamisak.

Legyen bennünk erő, hogy visszaszerezzük tantárgyunk tudományos rangját. Mi kémiatanárok jól tudjuk, hogy kémia nélkül nincs élet a Földön, kémia nélkül nincs minőségi élet.

Az általános, a fizikai-kémiai, a szerves kémiai, a biokémiai ismeretek a harmadik évezred küszöbén, a XXI. században az átlagember műveltségének elidegeníthetetlen részei éppúgy, mint Arany János és Shakespeare költészete vagy a mohácsi csatavesztés ismerete. Ezen érdemes lenne elgondolkozni!

Dr. Szalay Tibor

Információrobbanás és a kémia oktatása

Bevezetés

A század és egyben az ezredforduló nagy kihívása, hogy megértessük és elismer-tessük a kémiai ismeretek jelentőségét. Következésképpen törekednünk kell tevőle-gesen és alkotó módon hozzájárulni a *társadalmi értékrend helyreállításához*, ami a 20. század második felének egyik nagy szégyeneként, igen sajnálatos módon felborult, és szinte belátha-tatlan veszélyt rejt, illetve hordoz magában.

Mutassuk be és **fogadtassuk el minden-kivel a kémiának és egyben a kémikusi gondolkodásmódnak a mindennapi élet-ben betöltött óriási szerepét és hasznát.** Meggyőző példákkal szemléltessük és bizonyít-suk, támasszuk alá tudományágunk nyilván-való, de mégsem felbecsülhető jelentőségét és fontosságát [1-6]!

A [7] közleményben, a természettudományi szakmódszertanok 1999. évi országos talál-kozája kapcsán, megkíséreltem felvázolni mi-lyen válsághelyzet alakult ki az oktatásban, de amint látni fogjuk, nemcsak nálunk, hanem vi-lágviszonylatban is [8, 9].

Ez egy különleges és **nagyon is saját-sá-gos válsághelyzet**, mert nemcsak negatívumokat, vagyis problémákat hordoz magában, hanem a megoldást is kijelöli, vagyis pozitív vonást is tartalmaz, minthogy a **kibontako-zást is felkínálja**, ami nem éppen jellemzője a válságoknak.

A jövőben a robbanásszerűen kifejlesztett számítástechnika és általában az információs technológia minden eszközét és módszerét fel-gyorsultan lehet használni az ismeretek meg-szerzésére, megértésére, elsajátítására és al-kalmazására. **Következésképpen egész ok-tatási rendszerünk óriási fordulat előtt áll.** Ez a kezdődő évszázad és évezred talán legnagyobb kihívása. A felnövő generációkon múlik tehát, hogy valóban a tudás évszázada kezdődik, vagy valami egészen más...

Az építész tervezőmérnök-képzés problémái és kémiai érdekessége

Lark, a birminghami egyetem szerkezeti mérnök professzora, alighanem számunkra is nagyon tanulságosan foglalta össze a mér-nökképzés ottani problémáit [8]. Miközben megállapítja, hogy *nagyon gyorsan változó vi-lágban élünk*, ezért a kormányzat, illetve a part-nerek (megbízók és beruházók) egyre nagyobb igénytel és elvárással fordulnak a szakma és közvetve a képzés felé, mert a folyton változó ún. szocio-közgazdasági tényezők nagy hatással vannak a szakértői magatartásra, és állandó mozgásban tartják a kialakult szokásokat. A szer-ző mégis úgy véli, hogy a betonipar kellően és megfelelően tudja fogadni és kezelni ezeket a ki-hívásokat, következésképpen bizakodva tekin-tet a jövőbe. Mégsem lehet senki sem önhitt, mindenkinek jól fel kell készülnie, hogy kellően rugalmas és fejlődőképes legyen, vagyis a bár-mikor és bárhogyan jelentkező igényekhez tudjon alkalmazkodni. Folyamatosan késznek és aktívnak kell lenni arra, hogy az újabb és újabb építőanyagokkal, tervezési technikákkal és konstrukciós módszerekkel, azok fejlődésé-vel, illetve fejlesztésével lépést lehessen tartani. Ugyanakkor a tapasztalat szerint az igényfor-málók többnyire nincsenek tekintettel arra, hogy az oktatás és a képzés, illetve a begya-korlás, azaz a tapasztalatszerzés gyakorlata kö-zött lényegi a különbség. Ez utóbbira ugyanis az egyetemek nem vállalkozhatnak, ezt az ipar-nak kell megtennie.

Az iskolavégzettek napjainkban nem meg-felelően képzettek, főként matematikából és fi-zikából (**kémiából talán még kevésbé!**), vagyis a mai fiatalok iskolai képzettsége több-nyire elmarad a korábbiakétól. Gyengébb és hiányos a konkrét ismeretük és ráadásul még kevésbé is képesek hasznosítani, aktivizálni tu-dásukat. Jóllehet, ők éppen olyan tehetségesek, mint elődeik voltak. Mindezek következménye-

ként az egyetemi képzés tananyagát csökkenteni kellett, hogy a mindenkor belépők fogyatékosabb felkészültségéhez igazodjanak. (Hazai vonatkozásban l. még [7].)

Jellemzők azok a változások is, amelyek a tantervekben a belső követelmények fejlődéséből következtek be: mint pl. a különféle, nem-műszaki és -technikai jellegű tantárgyak (vezetésismeret, kommunikációs alkalmazások, idegen nyelvek stb.) bevezetése.

A fejlődés másik fő vonása a számítástechnika átható befolyása. Az oktatásnak kellő mennyiségű és megfelelő minőségű szoftvert kell elérhetővé tenni **(nálunk a hardverrel is probléma lehet)**, miközben nemcsak a nagy hallgatói létszámmal kell megküzdeni, hanem lépést kell tartani a gyors fejlődéssel is. A hallgatók jelentős, túlságosan is sok időt töltenek a képernyők előtt, de ugyanakkor nem eldöntött kérdés: mi legyen az elsődleges (i) megfelelő felkészültséget adni, készséget kialakítani a bármikor szükséges ismeretek informatikai begyűjtéséhez, vagy inkább (ii) a tervezéshez és az építéshez szükséges tervezési programok kezeléséhez és fejlesztéséhez.

Talán a legmeglepőbb és kémiai szempontból igazán váratlan a szerzőnek az a közlése **(csupán egy kép aláírásában!)**, ami tanulságos lehet: az építész tervezőmérnök-képzést kettős alapra helyezték, az általános mérnöki és a **vegyésmérnöki** alapképzésre.

Az oktatás vége, avagy valami egészen más?

A [9] közlemény szerzője szerint egy születőben lévő technológia forradalmasítani fogja az elektronikus informatikát. Az elektronikus médiumok (tévék és rádiók) ugyanis ma rossz felfogásban árasztják el reklámokkal nézőiket és hallgatóikat. **(L. ennek nyomtatásban is megjelenő változatai, amelyek szinte válogatás nélkül, közvetlenül és gyorsan szemétkébe kerülnek. Tehát pazarló és igencsak környezetszennyező az ilyen pr-
tevékenység!)**

Ha most mondjuk 20 millió nézőtől rabolják az egyre értékesebbé váló időt, akkor az új megoldással akár 200 ezerre csökkenhet a helyesen megcélzottak száma. Sőt, a számítástechnikai eszközök és a tárolás olcsóbbodása-

val, még pontosabb célzás is elérhető, vagyis a szám akár 20 ezer is lehet. A tévéhálózatok és médiumtársaságok nagy fürgeséggel törekszenek felmérni és kimutatni az új technológiában rejlő profitszerzési lehetőségeket. Igazolni akarják azon elvárásukat, miszerint az új technológia fejlődésével, csaknem párhuzamosan tömegessé válik az alkalmazás.

Nem az a kérdés immár, hogy mennyire fogja ez a technológia a tévénező embert megváltoztatni, hanem inkább az, hogy ezzel milyen további változások gerjesztődnek. Mi és mennyi lesz ezek előnye és haszna?

Az új technológia óriási lehetőségeket kínál és vet fel az oktatás számára is. Pl. nagy, több száz fős tanfolyamokat képes kis csoportokra osztva, sőt egyedekre bontva is foglalkoztatni, mégpedig kinek-kinek képzettségi szintje, érdeklődési köre stb. szerint. Internetre felhelyezve pedig még inkább kibővíti a nézhetőséget, illetve a hallgatás lehetősége. **(Sokkal eredményesebb lehet még a kritizált reklámtévékenység is.)** A témától, vagy tananyagtól és a céltől függően természetesen változhat a feldolgozás. A megközelítések egész köre állhat majd rendelkezésre: orvos-biológiai, mérnöki, földtudományi stb., sőt még finomabb lebontásban is elérhetőek lesznek az egyes programok. A hallgatók megfelelő szoftverrel, interaktív módon beavatkozhatnak, illetve kapcsolódhatnak a nekik éppen szükséges helyen és időben, megfelelő sebességgel, vagy ütemezéssel stb.

Az alkalmasan kidolgozott, „testre-szabott”, tananyagkövető kérdések („tesztek”) teszik lehetővé a gyors haladást, a megértés és elsajátítás hatékonyságát. Könnyen belátható, hogy az oktatás feltételeinek vázolt megteremtése ijesztően megterhelő, óriási feladat. Sokkal nagyobb és szélesebb körű, mint akár a hagyományos könyvírás, akár bármilyen, mai szintű videotechnikai (= multimédiai) feladat feldolgozása, előkészítése és részletes taglalása. Következésképpen hosszú előkészületi időt, illetve körültekintő felkészülést igényel ez a vázolt, sokféle szempontnak eleget tevő és sokrétű, tananyag-feldolgozás.

Ezek után jogos a kérdés: olyan technológia kiépítése folyik-e, aminek üzleti részéből az oktatás és az oktatók túlnyomó többsége kiszorul? Ha továbbra is igényt tartunk a kémia ok-

tatásának jövőbeli alakítására és irányítására, akkor megengedhető-e bárkinek is, hivatottságunk megkérdőjelezése, ellenőrzése, netán korlátozása? **Kérdezi a szerző.** Ha már most nem teszünk semmit, akkor később még inkább nem tudunk majd védekezni. Saját pénzügyi forrásaink messze eltörpülnek, össze sem vethetők az óriási tévé-hálózatokéval, de *vannak emberi erőforrásaink*, amelyek mozgósításával elősegíthetjük jövőnk biztonságának a megtartását. Amennyiben *megfelelően szervezünk*, akkor sokat tehetünk és érhetünk el. Nyilvánvaló, hogy a folyóirat (JCE) szerkesztősége céljainak egyike ez. A szerző és szerkesztő követendő példaként hivatkozik a [10] közleményre, amiben **az általános kémia kérdéskörének, két fél éves bontásban**, új szempontok szerint végzett „videósításáról” kaphatunk tájékoztatást. (A folyóirat *JCE Software's Chemistry Comes Alive!* = CCA! c. videósorozatának már meglévő és még csak kidolgozás alatt álló tagjai beszerzéséről és elérhetőségéről is értesülhettünk [10].)

Egy további, de közel sem követésre méltó példa

Ellentmondásokkal terhelt világunk szomorú és elrettentő példáját egy idézettel kezdem. „A magyar óvodákat a világ legjobbjai között tartják számon, s még az általános iskolák is jól szerepelnek a nemzetközi összevetésben. Ugyanezt a középiskolai képzésről már csak nagy jóindulattal lehet elmondani, az egyetemeken és főiskolák pedig nem állják ki a próbát.” [11]

Úgy gondolom, hogy a szerző megállapítása alaptalan, mélységesen megalázó és sértő. A szerzőnek nem kellett volna még vidékre sem mennie, elég lett volna csak a fővárosban szétnéznie, **megfigyelnie** az ún. elit-, illetve peremkerületi óvodákban, továbbá akármelyik egyetem intézeteiben vagy tanszékein folyó munkát. Az előbbivel éppen ellentétes megállapításra juthatott volna, ti. *messze nem a képzés alsó, vagy bármelyik szintjétől, hanem sokkal inkább a körülményektől függ, hogy hol, milyen minőségű munkát tudnak végezni, vagyis sokkal árnyaltabb a kép.*

Az előadottak nyomán aligha kell bizonygatni, milyen téves a szerzőnek a következő megállapítása is, miszerint „*Egyre nagyobb szerepe lesz az egyéneknek saját sikerük elérésében.*” (Nyelvileg talán jobban érthető lenne a mondat így: **Az egyéni sikerek elérésében egyre nagyobb szerepet kap a saját teljesítmény.**)

Bárki, aki így gondolkodik és ilyen következtetésre jut, lebecsüli azt az óriási teljesítményt, amit az emberiség jótevői és nagyjai nem kis áldozatok árán hoztak létre, aminek az eredményeként a ma embere soha nem látott és remélt módon élhet, szinte automatikusan megkap, csak kellően önzőnek és gátlástalannak kell lennie (?).

Azt gondolom, hogy sokkal inkább követésre méltóak az előzőekben bemutatott szerzők gondolatai. Ők önkritikusan, őszintén és valóságosan törekedtek jellemezni szűkebb területüket. Keresik, sőt körvonalazzák a fejlődést, kijelölik az előrehaladás útját és lehetőségeit. Csakis az így gondolkodók és tenni akarók tudnak eleget tenni annak az elvárásnak és kihívásnak, amit az egyelőre csak remélt tudásalapú társadalmi rend kialakítása, valamint a fejreállt értékrend helyreigazítása megkövetel a ma emberétől és a felnövekvő generációktól egyaránt.

Összefoglalás

Az ezredforduló erkölcsi és értékrend váltsága óriási kihívást jelent az ún. tudásalapú társadalom létrehozásában. Közleményünkben e komplex problémakörnek csupán egy kis szeletét kíséreltük meg kémiai oldalról bemutatni, és közlemények nyomán, példák segítségével megvilágítani, illetve értelmezni.

Mindenekelőtt a kémiáért és a kémia oktatásáért felelősséget érzők felelősségérzetére számítva, reméljük, hogy sikerül a kémia szerepét elismertetni, a kémiai gondolkozásmódot pedig megismertetni és elfogadtatni. Ebben nagy segítséget nyújthat a cikkben felvázolt, kialakulóban lévő és ígéretesnek látszó új videotechnológia, ami a felhalmozódott ismeretanyag és az információrobbanás alkotta problémakörből, valamint a sokrétűen tapasztalható válságból valamiféle kivezető utat jelenthet számunkra.

Irodalom

- [1] Szalay T.: A kémiai szemléletmód fontossága. Módszerek és eljárások, 10. kötet, szerk. Tóth Z. Debreceni Egyetem TTK Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 1998. pp. 90-99
- [2] Szalay T.: A kémiai (molekuláris) szemléletmód érvényesítése. A KÉMIA TANÍTÁSA, VII (3) 3-6 (1999)
- [3] Szalay T.: A beton és a vasbeton a kémia és az elektrokémia tükrében. Ibid.: VII (5) 3-12 (1999)
- [4] Szalay T.: Érdekességek a kémia történetéből I. A vas-pentakarbonil $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ előállításának egy véletlen felfedezése. Ibid.: VIII (3) 5-6 (2000)
- [5] Szalay T.: II. A különleges reagens, az elektron. Ibid.: VIII (4) 9-10 (2000)
- [6] Szalay T.: III. A volfrám izzószál-gyártás néhány kémiai vonatkozású kérdése (közlésre beküldve A KÉMIA TANÍTÁSA-hoz)
- [7] Szalay T.: Visszhang, avagy gondolatok a természettudományi szakmódszertanosok 1999. évi, 3. országos debreceni találkozója nyomán. Ibid.: VIII (1) 17-21 (2000)
- [8] Clark, L.: Concrete education in a changing world (= A beton oktatása változó világunkban). CONCRETE, January 2000. pp. 24-25
- [9] Moore, J. W. : The end of education as we know it? (= Az oktatása vége?, avagy ahogyan mi véljük). J. Chem. Educ. 77 (10) 1255 (2000)
- [10] Whisnant, D.M.: General Chemistry Multimedia Problems. Abstract of Special Issue 27, a CD-ROM for Mac OS and Windows. (= Az általános kémia kérdésköreinek feldolgozása videotechnikával és -ra...) Ibid.: 77 (10) 1375-76 (2000)
- [11] Kertész Gy.: Az Orbán-bébi esélyei. FIGYELŐ, 2000/44. november 2-8, 22-27

Dr. Széll Tamás

Miből van a proton?

Bevezetés

Hgy németországi felmérés szerint a több mint 25 évvel ezelőtt végzett kémiatanárok csaknem fele abban a tévedésben élt, hogy a középiskolákban tanított három fundamentális szubatomos részecske, közelebből a proton, a neutron és az elektron, további alkotóelemekre nem bontható, szerkezet nélküli elemi részecske. Ez azonban, mai tudásunk szerint, az említett három részecske közül csak az elektronra igaz. Erről a kérdésről szeretnék a proton példáján rövid ismertetést adni, olyan nyelven, amit mi, kémikusok is értünk.

Demokritosz és Leukipposz több mint 2000 éve posztulálták, hogy létezik az anyagnak olyan legkisebb építő eleme, nevezetesen az atom, amely tovább már nem osztható. A posztulátum ma is igaznak fogadható el, de közben kitűnt, hogy amit mi atomnak nevezünk el, az az anyagnak nem a legkisebb része. Mindazonáltal az anyag atomisztikus felfogása, szembeál-

lítva a kontinuitással, a két görög gondolkodó korukat alaposan megelőző, elismerést érdemlő proposíció volt, amit ma is igaznak tartunk.

Dalton a XIX. század elején felújította az előbb említett elgondolást, de még 100 év sem telt el, és máris kiderült, hogy az a kis egység, amelyet atomnak nevezett, szerkezettel rendelkezik, és még kisebb részekből tevődik össze. Rutherford a híres arany-hártya szóródási kísérletével igazolta, hogy az atomok közepén egyfajta masszív, pozitív töltésű „mag” létezik, amelyet Bohr szerint energiaszinteken negatív elektron(ok) vesz(nek) körül. Az atommag protonból, illetve proton(ok)ból és neutronokból áll. A proton a kémikus részére is megkülönböztetett fontosságú, hiszen ezek száma határozza meg, hogy mely elemről van szó, vagyis ez határozza meg az elemek rendszámát. A proton vizes oldata a hidroxónium-ion (H_3O^+) az Arrhenius savak determinánsa, a proton felvételére irányuló hajlam a vegyületek bázikus karakterének foka, proton-leadási képességük

pedig a savasság mértéke. Egy sor kémiai reakció és izomerizáció proton katalízissal megy végbe, számos bomlás ennek köszönhető (protonolízis), néhány analitikai eljárás (pl. titrimetria) sarkalatos eleme, de a biokémiában, valamint a molekuláris biológiában is nagy fontosságú anyag, amely szorosan összefügg az élet komplex folyamatával. Ezek után, a proton kémiai sajátosságainak ismerete mellett, illő azt is tudnunk, hogy miből van.

Az atomokról korábban alkotott képen jelentős módosítást az jelentett, hogy a hatvanas évek óta kísérleti és elméleti megfontolások alapján tudjuk, hogy a protonnak is van szerkezete, vagyis nem elemi, noha továbbra is fundamentális alkotórésze az atomoknak.

Erők

A newtoni klasszikus mechanikából tudjuk, hogy az erő felelős a mozgásállapot megváltoztatásáért. Kiszámítható a tömeg és a gyorsulás szorzataként. Atomi távolságok és tömegek esetén a fogalom finomításra szorul. Az erő atomi méreteken is jelentős fogalom, hisz az atom részeit ez tartja össze, vagy annak spontán bomlásáért felelős. Többféle erőt ismerünk, ezek lényegükben azonosak, egységesítésük régi törekvés, amelyben Einstein ért el jelentős eredményeket, de unifikációs sikerért még 1979-ben is adtak Nobel díjat (Weinberg és társai). A klasszikus mechanikát kiegészítő kvantummechanika, -elektrodinamika, -kromodinamika módszereivel az erő finomabban definiálható. Ma megkülönböztetünk az elemi részecskék között négyféle kölcsönhatást: elektromágneses (az elektromos töltéssel rendelkező elemi részecskék és az elektromágneses tér között), erős kölcsönhatást (az elemi részecskék között ható legerősebb), gyenge kölcsönhatást (pl. a radioaktív béta bomlásért felelős), valamint gravitációs kölcsönhatást (minden részecskére ható).

Részecskék

Néhány szubatomos részecskét már a XIX. sz. első felében is ismertünk a katód sugárcsővel végzett kísérletekből, később a radioaktív bomlásból, a huszadik században pedig a kozmikus sugárzásból, a transzmutációkból,

és a magfissziókból. A részecskegyorsítóknak lezajló ütközések és egyéb magreakciók kapcsán pedig egyre több, bár igen rövid élettartamú részecskét (kb. 200-at) ismertünk meg. (Pontos szám nem adható meg, mert az állandóan változik.) A szubatomi részecskéket tömegük alapján két csoportba osztották, s ez a felosztás ma is érvényes. Az egyik csoportba az elektronnál nagyobb, de a protonnál kisebb tömegű részecskéket sorolták és **mezonoknak** (a görög közepes alapján) nevezték. (Ilyen nagyon sok van.) A másik csoportba a proton tömegével azonos, vagy annál nagyobb tömegű részecskéket **barionoknak** (a görög nehéz alapján) nevezték. Később felismerték azt is, hogy e részecskéknak spinjük van. Ez az egyik legnehezebben értelmezhető tulajdonságuk, mert a makroszkópikus világban erre nem találunk példát, márpedig azt tudjuk jobban megérteni, amihez hasonlót már tapasztaltunk. (Az elektron spinje valójában annak belső, lényegi mágneses momentuma, amit $\hbar/2\pi$ egységekben mérnek, belső eredetű tulajdonság, amelynek „perdület” elnevezése azért helytelen, mert a részecskék pörgésére nincs bizonyíték, de erre jobb kifejezés nincs, így hát megmaradt a régi név. A mezonokat és barionokat együttesen **hadronoknak** nevezték el, és görög betűkkel, esetleg a töltést jelző előjellel vagy, ha gerjesztettek, csillaggal kiegészítve jelölik. Az elemi részecskék két fajtájának egy csoportba sorolása azért volt indokolt, mert ezek valamennyien megegyeznek abban, hogy kölcsönhatásra képesek a nukleáris erős erőkkel, vagyis a fizikusok szemléletes terminológiájával „érik” az erős erőket. Itt jegyezzük meg, hogy minden töltésre hat az elektromágneses erő, és minden részecskére a gravitáció; ez utóbbi még a tömeg nélküli részecskékre is gyakorol valamelyes hatást (pl. a fotonokra), de a nukleáris erős erők nem minden részecskére hatnak.

Később felismerték, hogy a hadronok bizonyos matematikai szimmetria alapján csoportosíthatók és négy alapvető, de hipotetikus elemi részecskéből szerkeszthetők, amelyeket Gell-Mann **kvarkoknak** nevezett. Kvarkokkal a kutatók a kísérletek során nem találkoztak, maga Gell-Mann sem hitt tényleges létezésükben, hanem azokat matematikai fikciónak tekintette, ugyanakkor azonban a hadronok rendszerezését lehetővé tette. A különféle kvarkoknak, hogy azokat meg lehessen különböztetni és bizonyos

szimmetriarendszerbe be lehessen illeszteni, az elektronok kvantumszámaihoz hasonló elnevezéseket, jelöléseket adtak, pl. az up (fel), down (le), charm (báj) és strange (furcsa) neveket, u, d, c, s jelöléseket, amelyeket gyűjtőfogalomként flavornak (zamatnak) neveztek. A kvarkok harmadnyi elektromos töltéssel, vagy annak többszörösével rendelkeznek (pl. az u-kvark töltése $+2/3$, míg a d és s kvarkoké $-1/3$). Később kitűnt, hogy még két további attribútumot kell használni ahhoz, hogy a kvarkok betöltések szerepüket, így megjelent a bottom (talp) és top (tető) „kvantumszám” is (b, t). Eszerint összesen hat, de az antikvarkokkal együtt 12 kvark különböztethető meg (1. ábra). A kvarkok az ábra szerinti elrendezés esetén a vízszintes sorok mentén átalakíthatók egymásba, megszorításokkal átlósan is, de függőlegesen nem. (Itt egylépéses átalakulásokról van szó.)

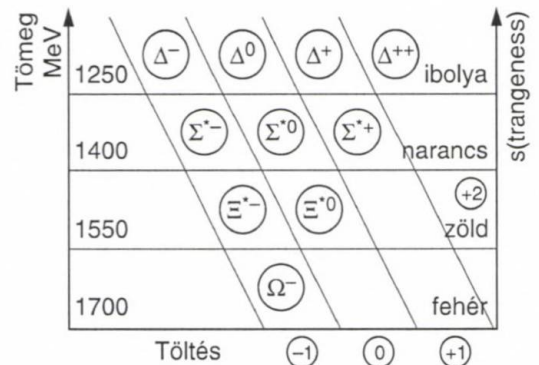
A hadronok osztályára a görög betűkön és más jelzéseken kívül színeket használnak. Rendszerezésük a periódusos rendszerhez hasonlóan osztályzó elvekre épül, mint ahogy azt Mengyelejev tette az elemekkel. A szubatomos részecskék rendszerezésére több osztályozási elvet használhatunk: tömeg, töltés és az s érték figyelembevételével. Itt is több esetben sikerült beigazolódott jóslásokat tenni, ha a táblázatban hiány mutatkozott. Példaképpen tekintsünk a 2. ábrára, ahol csak azokat a barionokat tüntették fel, amelyek megegyeznek abban, hogy azonos spinnel ($3/2$) rendelkeznek. A feltüntetett tömeg eV mértékegységben szerepel. A tábla felső két sorában levő hét barion már ismert volt. Egy CERN kongresszuson, Genfben (1962), a japánok bejelentették a harmadik vízszintes sor két tagjának felfedezését. Gell-Mann akkor a konferencián résztvevőknek megjósolta, hogy a tizedik, legalsó sorban lévő omega mínusznak is léteznie kell, és megjósolta annak tulajdonságait (tömeg, s, töltés) is. Ezek a jóslások helyesnek bizonyultak. A részecskét két év múlva megtalálták a brookhaveni kutató központban.

A hadronok mellett ismertek az „igazi” elemi részecskék is, amelyek nem „érzik” a nukleáris erős erőket, de „észlelik” a nukleáris gyenge, az elektromágneses- és gravitációs erőket. Ezek valós alkatrészecskékre tovább nem bonthatók: méret nélküli (pontoszerű), belső szerkezettel nem rendelkező, egyszerű részecskék, melyeket gyűjtő néven **lepton**oknak neveznek. Hat ilyen

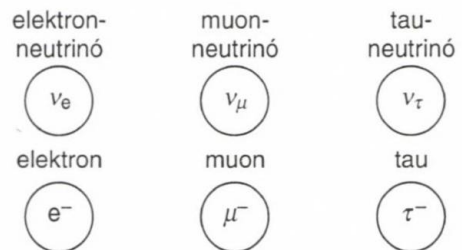
ismerünk, az antileptonokkal együtt tizenkettőt. Ezeknek is van flavorja, de nincs színük, valamennyinek egyforma a spinje és lehet töltésük is. Közülük messze a legstabilabb régi barátunk az elektron, a többi rövid életű. A leptonokat a 3. ábra tünteti fel. Mint látható, mindegyiknek megfelelő neutrínója van, amelyeknek tömege és töltése nulla. A neutrínók bizonyos magbomlásokkor mindig együtt keletkeznek társukkal, így pl. a radioaktív béta sugárzásnál az elektronokkal együtt képződik az antielektron-neutrínó. Az ábra az antileptonokat nem tünteti fel. A bemutatott elrendezés szerint a leptonok függőlegesen átalakíthatók egymásba, egyéb vonalon nem. (Egylépéses folyamatokról van szó.)



1. ábra
Kvarkok



2. ábra
Tíz $3/2$ -es spinű barion



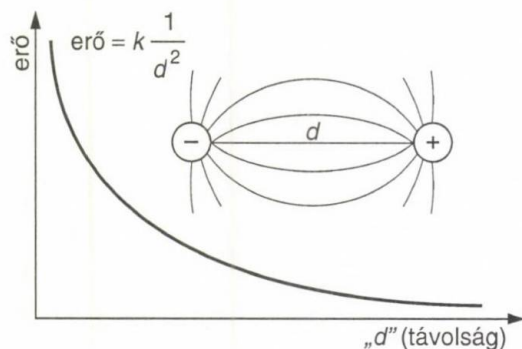
$m = 0,51 \text{ MeV}$ $m = 106 \text{ MeV}$ $m = 1000 \text{ MeV}$

3. ábra
Leptonok

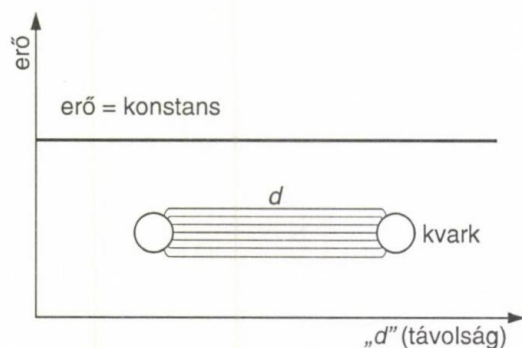
(a neutrínók tömege és töltése nélküliek)

Az eddig ismertetett legtöbb szubatomos elemi részecske nagy sebességű ütközések, részecske-bombázások vagy igen magas hőmérséklet hatására (bizonyos korlátok között) átalakulhatnak egymásba (pl. a leptonok a 3. ábrán függőlegesen egymásba átalakulhatnak, de diagonálisan nem). Az említett folyamatokban azonban érvényesülnek a megmaradási törvények, nevezetesen a szögmomentum-, kvantumszám-, töltés-, színmegmaradás. A tömegmegmaradás csak a kémiai reakciónál valósul meg, a tárgyalt folyamatoknál szigorúan véve nem, csak a tömeg-energia ekvivalencia figyelembevételével.

1968-ban a Stanfordon proton- és bizonyos elektronszórásos kölcsönhatások során először találtak kísérleti bizonyítékot arra, hogy a protonnak (és más hadronnak) szerkezete van.



Elektromos tér erővonalai az ellentétes töltések között



Kvantum kromomagnetikus erőter erővonalai két kvark között

4. ábra

Kétféle összetartó erő.

Az erő függvények ábrája és a diagramok független ábrák (abban az értelemben, hogy léptékeik nem tartoznak össze).

Ebben az esetben értékkel rendelkező töltéshordozókat is találtak, amelyek alapján most már sokan igazoltnak tekintették az addig hipotetikusnak tartott kvarkok tényleges létezését. Ezt 1974 óta általánosan elfogadják, annak ellenére, hogy továbbra is igaz, hogy izolált kvarkot még nem észlelt senki. (Meglehet, hogy ez elvi okokból abszurd elvárás.)

Alapvető kérdés: mi tartja össze a hadronokon belül a bennük levő kvarkokat? Közelebről: hogyan „kapcsolódnak” egymással a kvarkok a protonban? Erre a kérdésre a kvantumkromodinamika és -elektrodinamika igyekszik válaszolni.

Már régóta úgy tekintik, sőt igazolták, hogy az elektron és a proton között a jól ismert elektrosztatikus (coulombi) vonzás fotonok cseréje útján valósul meg. A fotonoknak ugyan nincs tömege, de van energiája és spinje. Ennek mintájára feltételezik, hogy a kvarkokat a gluonoknak, a nukleáris erő hordozóinak cseréje köti össze. (A gluon szó az angol glue-ból ered, amely ragasztót jelent.) A gluonoknak, hasonlóan a fotonokhoz, nincs tömegük, de ezeknek is van energiája és spinje, sőt ezeknek van még egy úgynevezett színtöltésük, valamint eltérően a fotonoktól képesek összekapcsolódni is. (Ma nyolcféle gluont ismernek.) A gluonok a kvarkok között, képletesen szólva, keskeny utat váganak, s azon mozognak, pontosabban a kromomagnetikus fluxvonalak mentén kialakult karszerű alagutakon. Ha a gluonok összekapcsolódnak egymással, akkor új típusú részecskék jönnek létre, amelyeket glueball-nak (ragasztólabdának) neveztek el. Míg az elektromágneses erőter erővonalai kifelé terjednek, és az erő a távolság négyzetével fordítottan arányos, addig a kvantum-kromomágneses erőter vonalai a két kvark között szoros kötegben maradnak, és konstans erőt fejtenek ki (4. ábra).

A proton szerkezete

A proton észlelt pozitív töltése könnyen magyarázható, ha feltesszük, hogy a **meghatározott** (nem akármilyen) három kvarkból áll. Közelebről a három ún. valencia kvarknak (a kvarkok mindig hármásával építik a barionokat, párosan a mezonokat) két *u* és egy *d* kvarkból kell állnia, hogy a tapasztalattal megegyező egységnyi pozitív töltést megkapjuk. Ebben az esetben a proton töltése:

$$+2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$$

A neutronok semlegessége két d és egy u valencia kvarkkal van összhangban.

A proton szerkezetére elfogadott modern elképzelés a pusztán három valencia kvark építőelem jelenléténél sokkal bonyolultabb, hiszen a proton tömegének az imént említett valencia kvarkok mindössze csak 2%-át teszik ki. Mi a többi? Feltételezik, hogy kvark-antikvark párok, látszólagos kvarkok és gluelabdák-közege (tengere) adja a proton tömegének 98%-át. Ugyanakkor a proton „határain” kívül is létrejöhetnek és megszűnhetnek gluelabdák, kvark-antikvark duettek, mezonok valamint barion-antibarion párok. A látszólagos részecske olyan, amely igen rövid ideig létezik, ún. kölcsönenergiából, amelyet a részecske szétesését követően szinte azonnal „megad”. A proton szerkezetére vonatkozó mai nézetet, leegyszerűsítve, az 5. ábra szemlélteti.

Ez a kép nem tekinthető végleges elképzelésnek, hiszen ma még az is vitatott, hogy egyáltalán léteznek-e gluelabdák. (Egyébként sokan tekintik ezek létezését igazoltnak.) A CERN kutatói, de mások is 1985 óta azon fáradoznak, hogy a gluelabdák létezése körüli bizonytalanságokat eloszlassák. Proton és antiproton ütközésétől azt remélik, hogy ilyen részecskék felbukkanása, rövid élettartamuk ellenére, néha „tettenérhető”, s így kimutathatók az ún. kristályhordó detektorral. Több tízezer mérés során találtak is egy gyanúsítható részecskét, amely gyorsan 2 neutrális pionra (a mezonok egyike) esett szét. Ezeket a kísérleteket a világ számos részén nagy számban reprodukálták. A magyarázatok ugyan eltérőek, de többségben vannak azok, akik azt állítják, hogy a vitatott részecske a gluelabda. Jelenleg ebben az irányban számos kutatás folyik, pl. az európai CERN Kutató Intézetben Genfben, az angliai Oxfordban és Appletonban, a kanadai Torontóban, az USA-beli Brookhaven laborban New Yorkban, a Fermi gyorsítóban Chicagóban, a lineáris gyorsítóban Stanfordban, a Lawrence laborban Berkeleyben és az oroszországi Protinóban. Ezek a kutatások a proton szerkezetére vonatkozó elképzeléseket vagy meg fogják erősíteni, vagy egy még árnyaltabb képet fognak arról kialakítani.

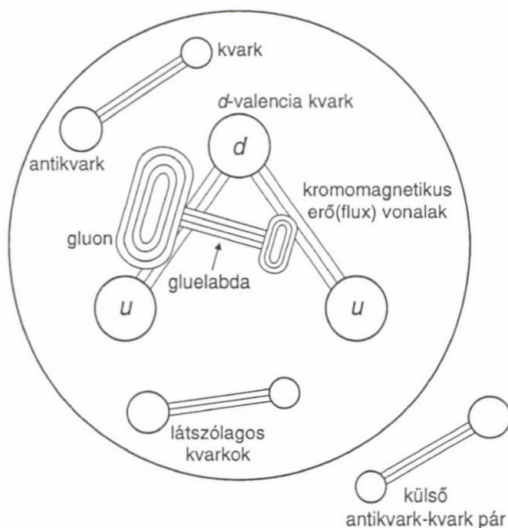
Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a proton, a fundamentális szubatomos összetevő (atomi „alkatrész”) nem elemi részecske, hiszen szerkezettel rendelkező tényleges elemi részecskékben, mint például a leptonokban nincs szerkezeti elem (pl. kvark), ezek éppen ezért alkotó

részekre nem bonthatók szét, és ugyanezért nem „érik” a nukleáris erő erőket sem. Ez azonban nem jelenti azt, hogy transzmutatív részecskerekciókban partnerként nem vehetnek részt (pl. úgy, hogy átalakulnak, beépülnek vagy látszólag annihilálódnak), a nagyszámú ismert részecskerekció is egyértelműen ezt mutatja.

Mai tudásunk szerint a kvarkok érdemelnék meg az „atom” elnevezést, de az atom átértelmezésének túl nagy lenne az ára, továbbá az izolált kvarkokat eddig nem sikerült kimutatni. Könyvtárnyi mennyiséget kitevő munkák átértelmezése, átszövegezése gyakorlatilag kiviheetlen, és az elnevezések elkerülhetetlen kettőssége nagyon sok konfúciónak lehetne melegegya.

Irodalom

- [1] Amsler, C. Proton-antiproton annihilation and meson spectroscopy with the crystal barrel. Review of Modern Physics 70, 1293-1340 (1998)
- [2] Dzierba, A. R.; Meyer, C. A.; Swanson, E. S. The search for QCD exotics. Amer. Scientist 88 (5) 406 (2000)
- [3] Perl, M. L.; Kirk, W. T. Heavy Leptons. Előadás a Scientific American szervezésében. Columbia Egyetem (New York).
- [4] Marx György: Atommagközelben, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1996.
- [5] Toró Tibor: A neutrínó. Gondolat Kiadó, Budapest, 1976.



A proton szerkezete erősen egyszerűsítve. Az egyszerűsítés a szerkezeti alkotóelemek számának erős redukciójából áll.

5. ábra

Zeke Istvánné

Természetkutató vetélkedő a Pécsi Tudományegyetem 1. sz. Gyakorló Általános Iskolájában

*(Jelen cikkem megírásának mozgatórugója
a természettudományos tantárgyakat sújtó
kerettanterv közelgő bevezetése.)*

Előzmények

Iskolánkban fontos feladatunknak érezzük az általános iskolai korosztály környezeti nevelését. A helyzetelemzésből kiderült, hogy a belvárosban élő gyerekek legfeljebb kirándulásaik során kerülnek közelebbi kapcsolatba természeti környezetükkel. A '90-es évektől kezdve a szülőknek egyre kevesebb ideje maradt arra, hogy gyermekeiket kivigyék a szabadba, arra pedig végképp nem tudnak odafigyelni, hogy értő szemmel láttassák meg a környezetben zajló eseményeket. Ebből már kitűnik, hogy mi sem a komplex természeti nevelést célozzuk meg, hanem ennek egyik területét, az élő természetet.

Az 1978-as „Tanterv és Utasítás” tantárgyi keretbe foglalta a követelményeket, amelyek között alig szerepelt a környezeti nevelés. A NAT műveltségi területei közül „Az ember és környezete” és a „Földünk és környezete” követelményeiben már megfogalmazódik az igény a komplex látásmód elsajátítására; a természet- és környezetvédelemre nevelés a lineáris tananyag elrendezés során szerencsére folyamatosan felszínen tartható, de az óraszámok csökkenésével az alkalmak száma csökken. A kerettanterv bevezetése igen érzékenyen érinti valamennyi természettudományos tantárgyat. Az óraszámok csökkenése valószínűsíti, hogy a tanítási órákon a legjobb szervezés mellett is egyre ke-

vesebb lehetőség nyílik a természettudatos magatartás formálására.

Többek között a fent említett okok miatt döntöttünk úgy, folytatjuk azt a TERMÉSZETKUTATÓ VETÉLKEDŐ-sorozatot, amelyet már néhány tanévben sikeresen alkalmaztunk.

A verseny fő céljai

- A természettudományos tantárgyak követelményeit átfogó komplex gondolkodásmód elsajátítása.
- A megszerzett ismeretek alkalmazása a valós környezetben.
- A tapasztalatokon alapuló gondolkodásmód elsajátítása.

A tanév során egy-egy konkrét témakört közelítünk meg biológiai, földrajzi, fizikai és kémiai vonatkozásban.

A következőkben a **víz témakör**höz kapcsolódó vetélkedőt szeretném ismertetni.

A vetélkedő lebonyolítása

Szeptember

Felhívás jelenik meg a Természettudományi faliújságon:

Kedves 7. és 8. osztályos gyerekek!

Várjuk jelentkezéseket a BARÁTUNK A TERMÉSZET vetélkedősorozatra! Készítetek plakátot „Barátom a víz” címmel!

Beadási határidő: szept. 29.

A legjobb munkákat folyamatosan megjelen-tjük a faliújságon.

Október

Tantárgyhoz kapcsolódó feladatok a faliújságon. Néhány példa ezek közül:

A folyadékos hőmérők folyadéktartályában miért nem vizet használnak, hiszen az olcsóbb, mint az alkohol?

Készíts kémiai jelzőanyagot (indikátort) vöröskáposztából vagy céklából!

Figyeld meg, milyen színű lesz az indikátorod híg (10 m%-os) ecetben és szóda-bikarbóna oldatban!

A mellékelt térképvázlat (Mecsek térkép) segítségével keresd fel a Mecseken a „Hét kő emlékművét”. Írd fel, milyen kövekből építették!

Készítsd el egy vasárnapi étkezésed alapján az elfogyasztott ételek energiatáblázatát!

November

A MINI-TOTÓ kérdéseinek megválaszolásához a biológia, földrajz, fizika és kémia tantárgyakban szerzett ismereteidre támaszkodhatsz.

MINI TOTÓ

Kérdés	1	2	X
1. Az emberi test víztartalma kb.:	50%	85%	63%
2. Melyik élőlény képes sós vízben élni?	orvosi pióca	tavi kagyló	cápa
3. Melyik élőlény szaporodásához nem szükséges a víz?	hínáros béka-szőlő	erdei pajzsika	fűzfa
4. Közép-Európa legnagyobb tava:	Bodenti-tó	Balaton	Ladoga-tó
5. Tengerben leülepedett kőzet, amely tartalmazhat csiga- és kagylómaradványokat:	homokkő	mész-kő	gránit
6. Hány országot kapcsol össze a Duna-Majna-Rajna csatorna?	10	12	11
7. Hogyan hígíthatók a tömény savak?	savat öntünk a vízbe	vízet öntünk a savba	mindegy a sorrend
8. Melyik gáz oldódik nagyon rosszul a vízben?	ammónia	szén-dioxid	szén-monoxid
9. Milyen kémhatású a szóda vizes oldata?	lúgos	semleges	savas
10. A víz sűrűsége:	+4 °C-on a legkisebb	+4 °C-on a legnagyobb	0 °C-on a legnagyobb

December

Téli túra a Malomvölgyi-tóhoz

Megfigyelési feladatok:

- A tó körül élő madarak élete, etetése.
- Melyik részén kezd befagyni a tó?
- A faágakon, fűszálakon levő zúzmara megfigyelése nagyítóval.
- Rajzolatok térképet a tóról! Jelöljétek a sétaút jeges szakaszait!

Január-február

A faliújság feladatai a túrára vonatkoznak:

- Milyen cinke él a tó körül? Mit eszik?
- Hogyan fagynak be a tavak?
- Miért nem fagynak be fenékgig? Miért kell fenekező horoggal horgászni télen?
- A térképvázlatod segítségével magyarázd meg, miért éppen ott vannak a sétaút jeges szakaszai!

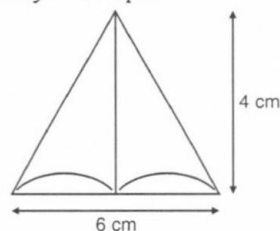
Március

Háziverseny a VÍZ VILÁGNAPJÁN (márc. 22.)

Egyéni verseny.

Írásbeli forduló:

1. Mi történik azzal az üveggel, amelyet színültig töltünk vízzel, jól lezárjuk, majd a mélyhűtőbe teszünk néhány órára?
2. Miért kell a tél beállta előtt a kerti csapokat vízteleníteni?
3. Mi a következménye a sziklák repedéseibe beszivárgott víz megfagyásának?
4. A vízmadarak lábán az ujjak között hártya feszül. Számítsd ki, hogy egy 1400 g tömegű vadkacsa mekkora erővel nehezedik a talajra, és mekkora a nyomás a talpa alatt, ha ilyen a talpa:



5. A vízzel előtöltött területről egy szivattyú óránként 50 m³ vizet nyom fel 10 m magasra. Mennyi munkát végez 1,5 óra alatt?
6. Miért nélkülözhetetlen a víz a növények életében?
7. Írj egy-egy példát olyan növényre, amelyek a víztartalma:
 - a növény egészében
 - a növény levelében

- a növény gyökerében vagy gumójában
 - a magokban vagy a termésében összpontosul!
8. Állítsd fejlődési sorba a következő állatokat! Haladj a legfejlettebb felé!
éti csiga, ponty, orvosi pióca, szivacsok, édesvízi hidra, amőba, vízisikló, kecskebéka
9. Egy laboratóriumban az asztalon felejtettek két nyitott vegyszeres üveget. Az üvegek fölött fehér füst gomolygott. Az egyik üvegben olyan színtelen, szúrós szagú folyadék volt, amely a fenoltaleint pirosra festette. A másik üvegben halványsárga folyadék felett vörösbarna volt a gáztér. Húzd alá:

mi volt az első üvegben?

- ammónia
- sósav
- kénessav
- szalmiákszesz
- salétromsav

Mi volt a második üvegben?

- ammónia
- sósav
- kénessav
- szalmiákszesz
- salétromsav

Mi a neve az üvegek felett gomolygó fehér, füstszerű anyagnak?

- konyhasó
- pétió
- szalmiáksó
- ammónium-nitrát
- sósavgáz

10. Ki volt az a magyar felfedező, aki főleg a folyókat kutatta, és felfedezte azt a vízválasztót, amely a Kongó és a Zambezi vízgyűjtő területét választja el?
- Regulý Antal
 - Lóczy Lajos
 - Teleki Sámuel
 - Magyar László
 - Benyóvszky Móricz

Villámkérdések

1. Mivé ég el a hidrogén?
2. Az ablaküvegen kívül vagy belül rakódik le a jégvirág?
3. Mi a királyvíz?
4. Miért nem fagy be fenéig a Balaton?
5. Ha a szemüveges ember hidegből melegbe megy be, a szemüveg melyik fele lesz páráos?

6. Hogyan akadályozza meg a tavaszi fagyok alkalmával kipermetezett víz a rügyek elfagyását?
7. Miért csúszik lefelé a gleccser?
8. Miért fázol napsütéses meleg időben is, ha kilépsz a strand vízből?
9. Miért oltja a víz a tüzet?
10. Miért lógatja nagy melegben a nyelvét a kutya?
11. Mi a különbség a vízválasztó és a választóvíz között?

A versenyen legjobban szereplő 8 csapat vehet részt a májusi természetkutató táborban. (A szálláshely ennyi tanulóra szól.)

Április

Üzemlátogatás egy gyógyszerészeti központ laboratóriumába.

A desztillált víz, ioncserélt víz és csapvíz összehasonlítása a laboratórium berendezéseinek segítségével.

Május

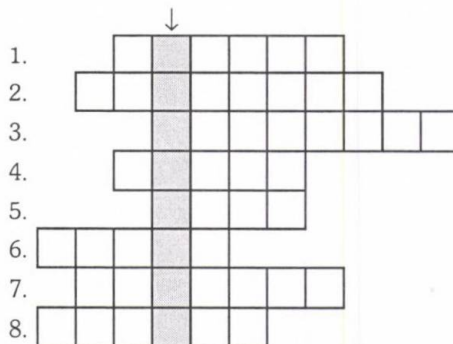
Háromnapos TERMÉSZETKUTATÓ TÁBOR Pécs egyik kedvelt kirándulóhelyén, Orfűn.

Az orfűi tábor forgatókönyve

1. nap

A gyerekek háromfős csapatokat alkotnak, tréfás csapatnevet választanak (pl. szorgos hangyák, levelibékák, természetkukacok stb.)

Rejtvényt kapnak, melynek megfejtéséből kiderül, hogy hova megyünk kirándulni.



1. Többek között ez a madár is megtalálható a Pécsi-tó körül.
2. Dél-Amerika 6296 m hosszú folyója.
3. Növénytan idegen szóval.
4. Vízitündér.
5. Tengeráramlás.
6. A gőzfazék („kukta”) feltalálója.

7. Ez a tudós a víz két adatát a hőmérsékleti skála alappontjainak tekintette.
8. A gőzhajó feltalálója.

Ha a megoldásként kapott betűket helyes sorrendbe állítjátok, megtudjátok, hogy hova megyünk kirándulni.

Gyalogtúra Abaligetre. Közben megfigyelési feladatokat kapnak a csapatok:

- Az erdő jellemző növényvilágának megfigyelése (növényhatározót visznek magukkal).
- Keressetek olyan kőzetet, amely a Mecsek-re leginkább jellemző!
- Gondolkodjatok el azon, miért szerpentinben tervezik meg a közlekedési útvonalakat a Mecseken!

Abaligetre érkezéskor, ha várni kell a barlangi túrára, csónakázni lehet. A barlangi túrát szakképzett vezető kíséretében lehet megtenni.

Feladatok a barlangban:

- A patak hőmérsékletének mérése több ponton.
- Vegyetek vízmintát a patakából! (Kis gyógyszeres üvegben visszaviszik a táborba.)
- Figyeljétek meg a barlang növény- és állatvilágát.
- Jegyezzétek meg minél több cseppkőképződmény nevét!

Vacsora után környezetvédelmi plakátot rajzolnak a gyerekek, amelyekből az utolsó nap kiállítást rendezünk.

2. nap

A délelőtt az abaligeti túra tapasztalatainak megbeszélésével telik.

Forgószínpadszerű kísérletezés:

A csoport: kőzetminta azonosítása ecetsav vagy sósavpróba segítségével.

B csoport: víz minta vizsgálata univerzál-indikátor papírral.

C csoport: víz minta vizsgálata forralással.

D csoport: zöld levél klorofilljának felhasználása a kromatográfiában.

Délután kirándulás a közeli patakhoz:

- A patak áramlási sebességét megméri (A patakparton kb. 10 m-es szakasz kijelölése. Mennyi idő alatt teszi meg az utat a vízre helyezett papírcsónak, vagy parafa dugó?)
- Harisnyából készített merítőhálójával néhány a patakban élő élőlényt kihorgásznak, és meghatározzák azokat.

- Növényhatározó segítségével meghatározzák a patakpart közvetlen környezetének növényeit.
- A patak vízhőmérsékletét mérik több ponton: egészen a part közelében, mélyebben árnyékos és napos helyen (minimum 30 másodpercig kell a hőmérőt a vízbe meríteni).
- A patakmedert figyelik meg (mi látható a mederben: sár, iszap, nagyobb kövek, van-e emberi beavatkozás nyoma, pl. kibetonozták-e, stb.)

3. nap

Virágkompozíció készítése

Kiállítás a virágkompozíciókból és a környezetvédelmi plakátokból.

Értékelés

A természetkutató vetélkedő eddigi eredményei:

- Az érintettek köre fokozatosan bővült:
 - kezdetben négy természettudományos tantárgy tanára + hallgatóik + érdeklődő 7. és 8. osztályos gyerekek
 - a következő tanév utolsó hetében egy napos természetkutató nap valamennyi felső tagozatos tanuló részére
 - a harmadik tanévtől az alsó tagozatos gyerekek egy napos erdei iskolai foglalkozáson vettek részt
 - egyhetes természetkutató tábor az alsó tagozatosok részére, ahol szülők is részt vettek.
- Az iskola környezetének gondozását egy-egy osztály felelősen végzi.
- A Természettudományos szakkörbe egyre több a jelentkező.

Reméljük, hogy vetélkedősorozatunkkal némiképp pótolni tudjuk a központi intézkedések következtében csorbított óraszámokat és fontos ismereteket.

Irodalom

- [1] Dr Franyó István: Természetkutató versenyfeladatok általános iskolásoknak (Calibra Kiadó, 1994.)
- [2] Dr. Wajand Judit – dr. Rózsahegyi Márta: 575 kísérlet a kémia tanításához (Nemzeti Tankönyvkiadó, 1995)
- [3] Vásárhelyi Tamás – Victor András: Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia (Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, 1998)

Dr. Hodúr Cecília

Membrántechnika és alkalmazási lehetőségei az élelmiszeriparban

Bevezetés

A membrántechnika, a membránszeparációs műveletek fiatal szétválasztási/elválasztási eljárásnak számítanak az élelmiszeriparban, hiszen a széles pH és hőmérsékleti tartományban használható, megfelelő mechanikai szilárdsággal rendelkező membránok, valamint az azokhoz megfelelő berendezések a kereskedelmi forgalomban (elérhető áron) a '80-as években jelentek meg.

Az első membránszeparációs műveletet Nollet Abbé, francia szerzetes végezte el 1748-ban, aki megfigyelte, hogy ha a sertés húgyhólyagjában, töltött bort vízbe helyezik, akkor a borba víz kerül. A diffúzió jelenségének első kutatói is természetes membránokat (tehenek pericardiumát, halak úszóhólyagját, békák bőrért, hagyma hártáját) használták a dialízis kísérletek és az ozmózis tanulmányozásához.

A mesterséges membrán sikeres előállításához Schoenbein adta meg a kezdő lépést 1845-ben amikor is „véletlenül” sikerült nitro-cellulózt szintetizálnia, és ebből készített el Fick (1855-ben) mesterséges membránt. Nitro-cellulóz volt tehát az első mesterséges membránok alapanyaga; s ez az anyag jelentőségét szinte napjainkig megtartotta, hiszen a közelmúltig cellulóz-nitrátból, illetve más, szubsztituált cellulózszármazékokból készült membránok kerültek legnagyobb mennyiségben a kereskedelmi forgalomba.

A kereskedelmi gyártás alapjait megteremtő szabadalmi bejelentés 1918-ban, egy magyar származású kémiai Nobel-díjas, Zsigmondy Richárd nevéhez fűződik. A membránok, a membrántechnika fejlődésének felgyorsulása a II. vi-

lágháborút követő hidegháborús időszakban történt, a bakterológiai fegyverek kifejlesztésével párhuzamosan.

Membránszeparációs műveletek

Mi is az a membránszeparáció? Általánosan értelmezve membrán műveletnek tekintünk minden olyan műveletet, amelyben valamely hajtóerő eredményeként szelektív transzport megy végbe a membránon keresztül. A művelet lényegét jelentő *membrán* (latin eredetű szó, jelentése hártya, héj) olyan válaszfal, amely szelektív áteresztőképességénél fogva az anyagok szétválasztását többnyire kémiai átalakulás nélkül teszi lehetővé.

A membrán közbeni fázisként szolgál két fázis elválasztásakor, és/vagy aktív vagy passzív válaszfalként résztvevője a vele érintkezésben lévő fázisok közötti anyagátvitelnek.

A membránok készülhetnek állati eredetű polimerekből (pergament), növényi eredetű polimerekből (cellulóz), szintetikus polimerekből, fémekből, üvegből, kerámiákból, gázból és folyadékból is.

A pórusos membránok mellett a pórus nélküli hidrophil és hidrophób membránok a hiperszűrénél és a pervaporációs technikáknál jelentősek.

Az élelmiszeriparban napjainkban a polimer membránoknak van a legnagyobb jelentőségük.

A membránok készülhetnek öntéssel oldatból, sajtolással, kilúgozással, extrudálással, neutron, ill. más elemi részecskével történő bombázással, határréteg porlasztásos felvitellel és elektrolízises felvitellel.

A legfontosabb membránszeparációs műveletek az alábbiak:

dialízis	polimer oldatok tisztítása
hemodialízis	művese
membránszűrés:	
mikroszűrés	sterilszűrés, tisztítás, szétválasztás
ultraszűrés	sűrítés, szétválasztás, tisztítás
nanoszűrés	sűrítés, tisztítás, kivonás
reverz ozmózis	sűrítés, víztávoztatás, sótalanítás, tisztítás
pervaporáció, gőzpermeáció	azeotrop elegyek szétválasztása, víz eltávolítása szerves anyagokból, szerves anyagok eltávolítása vízből és gázból
membrán desztilláció	sótalanítás, folyadékok szétválasztása
elektrodialízis	ionok oldatokból történő eltávolítása

Membránok jellemzése

Az első alapanyagok, melyeket a membránszeparációs műveletekhez sikeresen használtak, amint azt már említettük, a cellulóz észterei voltak. Jóllehet ezek a membránok viszonylag szűk pH- (pH 3-7) és hőmérsékleti (maximum 35-40 °C) intervallum mellett voltak használhatóak, valamint mikrobiális és enzimatis reakciónak is alapul szolgálhattak, mégis széles körben elterjedtek, mert az adott feladathoz szükséges pórusmérettel tudták előállítani a membránokat. Hátrányos tulajdonságaik miatt kiszorultak a piacról a sokkal előnyösebb hőmérséklet- és pH-tűrő, poliszulfon alapanyagból készített membránok megjelenésével.

Az első, kereskedelmi forgalomban megjelent membránok izotróposak voltak, vagyis a pórusnyílások a membrán mindkét oldalán

azonos méretűek. Később megjelentek az anizotrópos membránok, melyeknél a pórusnyílások átmérője különböző a membránok két oldalán, a permeátum oldal felé növekednek. Ez a szerkezeti felépítés sokkal nagyobb áramlási sebesség kialakulását teszi lehetővé.

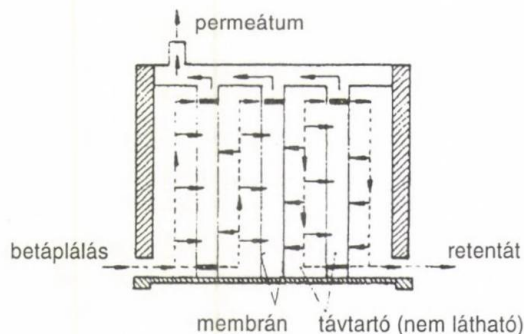
A legújabb technológiai fejlesztések eredményeként jellemző a membránok réteges felépítése. Az első réteg egy max. 0,5-1,0 µm vastag film, ezt követi egy porózus polimer támasztó réteg (50-100 µm), majd egy megfelelő mechanikai szilárdsággal rendelkező hordozó réteg (100 µm). A leválasztott részecske méretét mindig a membrán legfelső, a „szűrendő” anyaggal érintkező oldalán kialakított film tulajdonságai határozzák meg.

A szervesetlen alapanyagú hordozó anyagok felületén kialakított ún. kompozit membránok (ezüst, acél, üveg, cirkónium-oxid) kifejlesztésével tovább szélesedett a membránszeparációs eljárások felhasználási területe, hiszen mind mechanikai szilárdságukat, mind sav-, lúg- és hőmérsékletállóságukat tekintve minden feltételt kielégítenek.

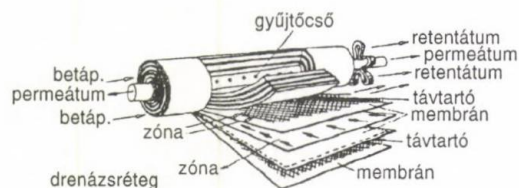
A teljesség kedvéért meg kell említenünk a folyadékmembránokat is. A folyadékmembránok működési elve többféle csoportjuk ellenére azonos, a transzportálódó anyagnak a két különböző folyadékfázisra jellemző, eltérő diffúziós és megoszlási hányadosán alapul. Ismerünk duzzasztott, hordozós és felületi folyadékmembránokat.

A membránok pórusméretének jellemzésére a vágási értéket (cut off) alkalmazzák. A vágási érték Daltonban kifejezett, globuláris fehérjére vonatkoztatott móltömegérték, amelyet a membrán az anyagtranszport során 90%-ban visszatart. Dimenziója: Dalton; [D]. Nagy leválasztási dalton értékek helyett elterjedten alkalmazzák a µm-rel történő jelölést is.

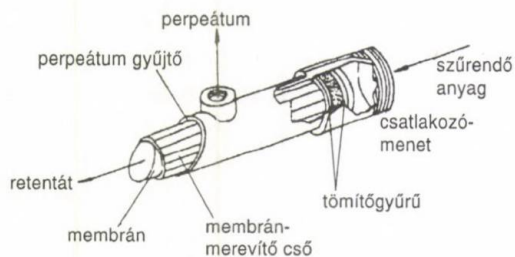
A membránok előállítási módja éppen olyan változatos, mint az alapanyagaik. A membránok készülhetnek öntéssel olvadási hőmérsékletű anyagokból, extrudálással, sajtolással, kilugozással, termikus kicsapással lézersugárral, vagy elemi részecskékkel történő bombázással.



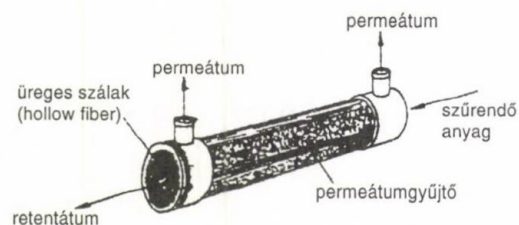
1. ábra
Lapmembrán



2. ábra
Spiráltekerics modul



3. ábra
Csőmembrán modul



4. ábra
Kapillár modul

A membránok konfigurációjuk szerint is csoportosíthatók:

Lapmembránok: A méretre és formára szabott membránlapokat porózus lapok és távtartók választják el egymástól. Ezek különleges bordázata és kiképzése teszi lehetővé az optimális áramlási viszonyok kialakítását. A lapmembránok előnye, hogy viszonylag kis térfogatba nagy membránfelület építhető be, hátrányuk viszont az, hogy nagy szárazanyag-, ill. kolloid terhelés esetén a megfelelő áramlási viszonyokat nehéz tartani, a membránok eltömődésre hajlamosak. Ez a konstrukció mind a keresztáramú (cross-flow), mind a hagyományos (dead-end) szűréshez alkalmas.

Spiráltekerics modulok: a lapmembránoknak a nagyobb fajlagos szűrőfelület elérése érdekében továbbfejlesztett változatai. A modulok ugyanis a síkmembránokat és a köztük helyezett távtartó és szűrletelvezető rétegeket egy perforált cső köré tekerik fel. A szűrendő anyagot a tekerics egyik végén táplálják be, a szűrletet a perforált csövön, a sűrítmény a tekerics másik végén távozik. Mivel a konstrukció relatíve nagy keresztáramú áramlási sebesség kialakítását teszi lehetővé, ezért a membránok eltömődési hajlama közepes.

Csőmembrán modulokban: a membránokat 12-20 mm átmérőjű hordozócsövekben helyezik el. A csőmembrán modulok nagy előnye, hogy közel turbulens áramlás hozható létre, így nagy szárazanyag tartalmú és viszkózus folyadékok szűrésére is alkalmasak, könnyen tisztíthatók, hátrányuk viszont a kisebb fajlagos szűrőfelület, a nagy helyigény. (3. ábra)

Üreges szál, vagy kapillár modulok: a csőmembránoktól alapvetően a membráncsövek átmérőjében különböznek. Itt az átmérő 0,8-1,5 mm-ig változhat. További különbség még, hogy ezek a modulok nem tartalmaznak tartó vagy hordozó réteget, hanem a speciálisan kialakított csőfal struktúrája adja a szükséges mechanikai stabilitást.

A szálmembránok falvastagsága 120-180 μm közötti érték, és kb. 250-1000 db alkot egy-egy modult. Ez az elrendezés ötvözi a spiráltekerics-, valamint a csőmodul előnyeit. (4. ábra)

Membránszűrés

A membránszeparációs eljárások közül a membránszűrési műveletek és a pervaporáció bír különösen nagy jelentőséggel az élelmiszeriparban.

Az egyes membránszűrési típusokat az általuk leválasztott részecskék, ill. az alkalmazott nyomás alapján osztályozhatjuk.

Megnevezés	Jellemző nyomás (bar)	Leválasztási tartomány (μm)
hagyományos szűrés	1-4	10-100
mikroszűrés	2-6	0,1-10
ultraszűrés	2-10	$0,5 \cdot 10^{-3}$
nanoszűrés	6-40	10^{-2} - 10^{-3}
reverz ozmózis	8-70	$5 \cdot 10^{-2}$ - $5 \cdot 10^{-4}$

Ölelkező intervallumokat találunk; ez arra enged következtetni, hogy nem egyszerű mechanikus szitahatás érvényesül, hanem más mechanizmusok is érvényesítik hatásukat a folyamatban. Ezen más mechanizmusok feltételezése annál is inkább reális, hiszen a $10^{-4} \mu\text{m}$ már a molekulák mérettartományát jelöli.

A mikroszűrést (MF) egyértelműen a klaszszikus szűrési műveletekhez kell sorolnunk, hiszen ez olyan áramlási művelet, melynél a szétválasztás határértékét a pórusméret szabja meg, hajtóerőként pedig a nyomás a domináns meghatározó tényező.

Az ultraszűrés (UF) és a nanoszűrés (NF) olyan anyagátadási művelet, amelyet az alkalmazott nyomás mellett jelentősen befolyásolhatnak az áramlási műveleteket jellemző paraméterek, pl. áramlási sebesség, viszkozitás. A művelet végrehajtásának körülményei határozzák meg, hogy melyik hatás érvényesül első sorban.

A hiperszűrés (fordított ozmózis) (RO) tisztán anyagátadási folyamatnak tekinthető, melyben a diffúzió, a kémiai potenciálkülönbség, az elektrosztatikus kölcsönhatások játszik a meghatározó szerepet.

A membránszűrés előnyei

- Jó minőségű végtermék, kitűnően eltávolítja az olyan kolloidokat és részecskéket, amelyek potenciális zavarosító tényezők.

- Nincs hőbomlás, hőkárosodás, a folyamat a termék számára a legkedvezőbb hőmérsékleten mehet végbe.
- Energia megtakarítás, hiszen a fázisátmenethez szükséges energia lényegesen nagyobb, mint az áramoltatáshoz szükséges elektromos energia.
- Nem, vagy csak csökkentett mennyiségben van adalék-anyagra szükség. Gyors üzemmód, kicsiny tárolási kapacitást igényel.

Pervaporáció

A pervaporáció és a gőzpermeáció folyékony elegyek, víztartalmú szerves oldószerelemek, jellemzően azeotrópos elegyek szétválasztására szolgáló művelet.

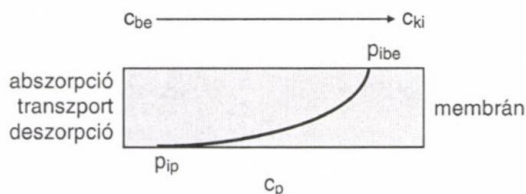
Az alkalmazott membrán nem pórusos szerkezetű hidrophil vagy organofil karakterű polimer.

A folyamat hajtóereje a membrán két oldalán kialakuló, a transzportált komponensre vonatkoztatott parciális nyomáskülönbség.

Az egyensúlyi rendszer megbontásával – az egyik komponens gőzének elvezetésével – a szétválasztás elvégezhető, tisztán víz ill. tisztán alkohol nyerhető ki, vagyis két áramra válik szét az eredeti folyadékelegy.

A pervaporáció mechanizmusa

A pervaporáció esetében a membrán a folyadékeleggyel, a gőzpermeációnál az elegy gőzével érintkezik, a betáplált elegy komponensei abszorbeálódnak a membrán felületén. A membrán szelektivitásának megfelelő, azaz hidrophil vagy organofil komponens átdiffundál a membrán anyagán és a folyadék – gőz halmazállapotváltozás is a membrán belsejében játszódik le. A membrán permeátum oldalán deszorpcióval gőzként távozik a transzportálódott komponens.



5. ábra

A pervaporáció általános modellje

A membrántranszport hajtóerejét ($p_{ibe} - p_{ip}$, vagyis az i komponens parciális nyomáskülönbségét) a membrán két oldala között úgy biztosíthatjuk, hogy a membrán permeátumoldala felől az összes inert gázt vákuumszivattyúval eltávolítjuk.

Mivel az i komponens túlnyomó része átdiffundál a membránon, és egy kondenzátor segítségével leválasztásra kerül, így a készülék kimeneténél mért, i komponensre vonatkoztatott c_{ki} koncentráció lényegesen kisebb a beáramló oldat koncentrációjánál (c_{be}).

Az ipari méretekben is alkalmazható pervaporációs membránok és berendezések a közelmúlt fejlesztésének eredményei. Rendkívül jó üzemi eredmények mutatkoznak a pervaporációs technika alkalmazása mellett az etanol víztelenítésénél, pl. 5%-os víztartalmú etanolból 0,5%-os víztartalmú állítható elő.

A pervaporációs eljárás előnyei

- energiatakarékos művelet, kb. ötszörös energia-megtakarítást jelent a hagyományos azeotróp desztillációval szemben,
- környezetbarát művelet, nem igényli idegen szerves vegyület mint segédanyag alkalmazását.

A membránszeparáció élelmiszeripari felhasználása

Emulziók megbontása	nedves zsírolvasztás, tejszeparálás
Szuszpenziók besűrítése	élesztő szuszpenzió készítése
Víztisztítás	speciális tisztaságú vizek
Szennyvíz kezelés	technológiai víz visszanyerés
Oldatok szeparálása	savósztérválasztás
Oldatok, szuszpenziók tisztítása	italiparok
Stabilizálás	boripar, söripar
Aszeptikus technológia	üdítőitalok
Derítés	borászat

Membránszeparációs eljárások alkalmazási lehetőségei a vegyiparban

A membránszeparációs eljárások rendkívül sokféle, szerteágazó és egyre bővülő felhasználási lehetőségei közül néhányat felsorolunk:

Mikroszűrés

- oldatok sterilizése hőközlés nélkül,
- oldatok szilárdanyag mentesítése.

Ultraszűrés, nanoszűrés

- elektroforetikus fém-festékek visszanyerése, (a primer festékek vizes diszperzióból történő visszanyerése)
- olaj-víz emulziók kezelése, (használt fűróolajok, hűtő és kenő emulziók besűrítése, így a keletkező szennyvíz mennyisége jelentősen csökken)
- biotechnológiai felhasználások, (sejtek, enzimek szeparálása, visszanyerése fermentálékból, pirogén anyagok eltávolítása, rögzített enzim fermentációk)
- víz és szennyvíz kezelése, (ipari-, technológiai víz visszaforgatási lehetősége a technológiába) latex emulziók kezelése (koncentráció a porlasztásos szárítás előtt, vízszatroményítás és visszaforgatás a technológiába, sók eltávolítása)
- textilipari szennyvizek kezelése, (detergensek, színezőanyagok, festékek eltávolítása) papíripari szennyvizek, szulfitos lúgok kezelése, (újrahasznosítása).

Hiperszűrés

- fémsó szeparálása,
- ivóvíz nitrátmentesítése,
- brackvíz, bányavíz sótalanítása,
- ultratiszta vizek (elektronikai ipar, gyógyszeripar számára)
- kazán- és hűtővizek kezelése.

Pervaporáció

- alkohol – víz szétválasztása
- szerves oldószer víztelenítése
- ecetsav víztelenítése

Membránszeparációs berendezések

A lapvetően minden membránszűrő berendezés felépítése megegyezik (6. ábra). Főbb elemei a tárolótartály (1), a betápláló szivattyú (2), a nyomást szabályozó szelepek (3), szűrlet- (4) és koncentrátum-elvezető, keringtető szivattyú (6) modul, illetve sorban vagy párhuzamosan elhelyezett modulok (7) és a legtöbb esetben, a membrán védelme érdekében, a berendezésen megtalálható egy kb. 100 μ n-es előszűrő is.

Lényeges eltérést a modult alkotó membrán minőségében (MF,UF, NF, RO) és a modul konfigurációjában (síklap, spiráltekerecs, csöves, kapillár) tapasztalhatunk.

Mikroszűrő berendezések

A mikroszűrő berendezések túlnyomó többsége úgynevezett gyertyás (patronos, cartridge) szűrőmodult tartalmaz. A jobb helykihasználás miatt ugyanis a sík membránokat hajtogatva (plisszírozva) helyezik el egy perforált mag körül, amely egyben a szűrlet elvezetésére is szolgál. Ezeknél a berendezéseknél a hagyományos szűrési elvet (dead-end) alkalmazzák: a szűrő anyag kívülről befelé áramlik a patronban. Találkozhatunk üreges szál-, illetve csőmembránokból felépített modulokkal is a mikroszűrők között, de elterjedésük még nem általános.

Ultraszűrő berendezések

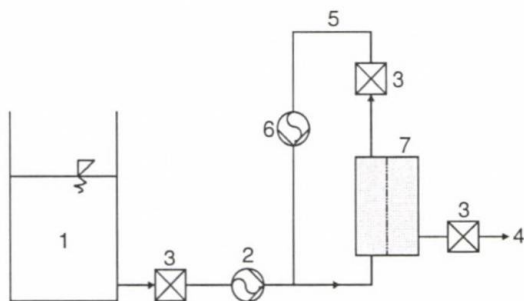
Az ultraszűrő berendezéseknél valamennyi membránkonfiguráció megtalálható, ennek megfelelően változik a berendezés felépítése. A keresztáramú szűrés miatt egy beépített keringető szivattyú juttatja vissza a szűrőn átáramlott „koncentrátumot” a betápláló vezetékbe. A modulok be- és kivezető oldalain elhelyezett szelepek segítségével szabályozható a membrán két oldala között kialakuló nyomáskülönbség.

Hiperszűrő berendezések

A hiperszűrő berendezéseknél is megtalálhatjuk az összes konfigurációt. Mivel a művelet igen magas nyomáson játszódik le, számítanunk kell az anyag felmelegedésére, ami káros hatásokat eredményezhet. Ezen bomlási, minőségcsökkentő változások elkerülése érdekében a berendezéseknél az RO modulok elé hőcserélőt építenek be.

Pervaporációs készülékek

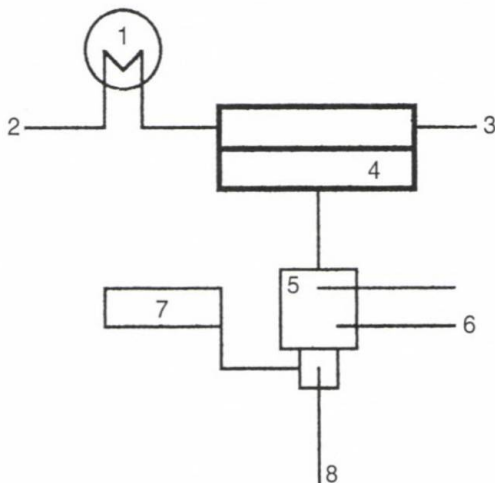
A pervaporációs berendezések fontos elemei a membránt tartalmazó modulokon kívül a hőcserélők, melyek a betáplált oldat megfelelő hőmérsékletre történő felfűtését, illetve a távozó gőz-permeátum lekondenzálását végzik el. Lényeges elem még a vákuumszivattyú is, hiszen a parciális nyomásban kifejezett membránon keresztüli hajtóerőt úgy tartják fenn, hogy a permeátum részről az összes inert gázt vákuumszivattyúval távolítják el.



6. ábra

Membránszűrő berendezések sémája

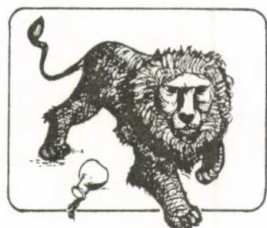
- 1 - tárolótartály, 2 - betápláló szivattyú,
3 - szabályozó szelepek, 4 - szűrletelvezetés,
5 - koncentrátum-elvezetés,
6 - keringető szivattyú, 7 - szűrőmodulok



7. ábra

Pervaporációs készülék elvi felépítése

1. hőcserélő, 2. betáplált oldószerkelet,
3. visszamaradt anyag, 4. membrán modul,
5. permeátum (gőz), 6. kondenzátor,
7. vákuumszivattyú, 8. permeátum (folyadék)



OROSZLÁNKÖRMÖK

Benedek Zsófia – Dénes Júlia
(Felkészítő tanár: Kosztolányi Tamás)

A klorofilok és a karotinoidok felhalmozódása fény- és árnyékkedvelő növényekben¹

A növényi anyagcsere-folyamatok közül a fotoszintézis a legfontosabb. Már a prokarióta szervezetek is így kötik meg és alakítják át a Nap fényenergiáját minden élőlény számára felhasználható kémiai energiává. Ehhez a Földre jutó sugárzás 400 és 800 nm hullámhosszúság közötti tartományát hasznosítják fényelnyelő pigmentjeik segítségével. Kísérleteinkben ezek mennyiségét vizsgáltuk meg különböző szempontok szerint.

A beérkező fény egységeinek, a fotonoknak az energiáját azok az elektronok veszik át, melyek a pigment-molekulákban lévő konjugált kettőskötésekben a szénláncok mentén könnyen elmozdulnak. A gerjesztett állapot rövid ideig tart, mert az elektron elveszítheti a többletenergiát, ebben az esetben ez nem hasznosul. Ha azonban továbbadja egy másik molekulának, az energia részt vesz a fotoszintézis kémiai folyamataiban. A fényt megkötő molekula az elektronleadással oxidálódik, míg az elektront felvevő molekula redukálódik.

A fényelnyelő pigmenteket két csoportra oszthatjuk, a klorofill és a karotinoid típusú vegyületekre. Mindkettőre jellemző a konjugált kettőskötések láncolata. A klorofill típusú vegyületeknél a molekula középső részében négy pirrolgyűrű összekapcsolódik porfin vázá.

A váz közepén egy magnéziumatom helyezkedik el. A pirrolgyűrűkhöz még különböző oldal-láncok is kapcsolódnak (1. ábra). A magasabb rendű növényekben a klorofill-a és klorofill-b molekulái egyaránt előfordulnak. Szerkezeti különbség közöttük az egyik oldallánc metil- illetve aldehidcsoportjában van. A klorofilok zöld színű vegyületek, a klorofill-a kékeszöld, a klorofill-b sárgászöld. A karotinoidok a szénhidrogének családjába tartoznak, leggyakoribb képviselőjük a narancsvörös színű β -karotin. Oxigéntartalmú származékaik a sárga színű xantofilok is képesek a fény energiájának megkötésére. Azonban a fényelnyelő pigmentek közül csak a fehérjékhez kapcsolódott klorofill-a molekulák tudják a megkötött fényenergiát kémiai energiává átalakítani. A többiek egymásnak átadva, az energiaátalakításra képes néhány klorofill-a molekulához továbbítják az elnyelt fény energiáját.

A különböző pigmentek fényelnyelése (abszorpciója) egymástól eltérő görbékkel jellemezhető. (2. ábra) A klorofiloknak két elnyelési maximuma van; az egyik a színekép kék, a másik a vörös tartományában található, a karotinoidok viszont csak a kék tartományban fényelnyelők. A zöld fényt egyik pigment sem tudja hasznosítani, ezért látjuk zöldnek a levelekről visszaverődő fényt. Az eltérő fényelnyelés alapján spektrofotométer segítségével mennyiségi meghatározást lehet végezni. Különböző

¹ Elhangzott a Pécsi Kémikus Diákszimpoziumon 1999. április.

közegekben (oldatokban, folyadékokban) a fényelnyelés úgy jön létre, hogy a molekulák vagy ionok kölcsönhatásba lépnek a fény fotonjaival, és energiát nyelnek el. Az energia-felvétel következtében csökken az áthaladó vagy visszavert fény intenzitása. Az abszorbeáló anyagok oldatának fényelnyelését a Lambert-Beer törvény írja le:

$$A = -\lg T = -\lg \frac{I}{I_0} = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

ahol

A az abszorbancia (az áteresztési tényező negatív logaritmus), ami mérhető

I_0 a beeső fény intenzitása

I az áthaladó fény intenzitása

T az áteresztési tényező vagy transzmittancia (értéke 0 és 1 között változik)

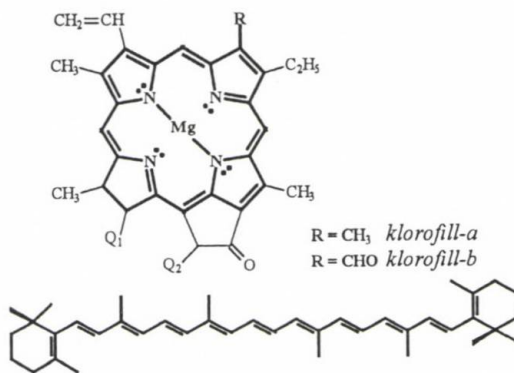
ε az oldat moláris abszorpciós együtthatója

c az oldat koncentrációja

l a rétegvastagság.

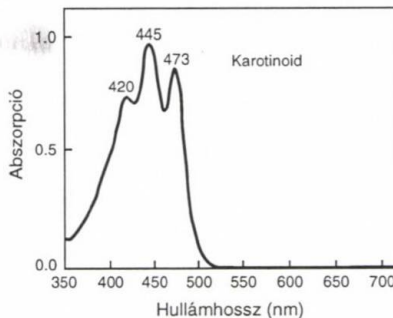
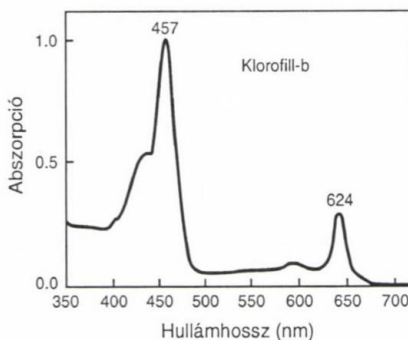
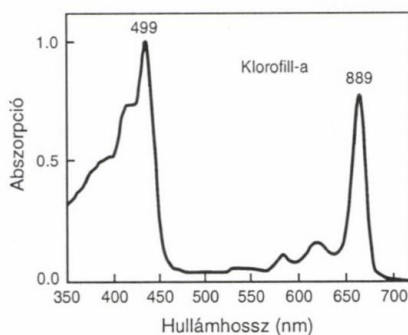
A kísérlet első részében a pigmentek változását az idő függvényében vizsgáltuk a zamatos turbolya estében. Tavasz elején mintát gyűjtöttünk, ennek egyik részét napos, másik részét árnyékos helyre ültettük. Hetente végeztük a méréseket. A kísérlet második felében különböző fajok pigmenttartalmát hasonlítottuk össze. 0,1 g friss levelet extraháltunk 3-4 cm³ oldatban, mely 80% acetontól, 20% víztől és 1 csepp ammóniától állt. Ez utóbbi azért kellett, hogy a felszabaduló növényi savakat semlegesítse, hogy azok ne bontsák le a klorofilokat. (Savas közegben ugyanis a klorofilok központi magnézium-ionja protonra cserélődhet.) Az így nyert oldatot fajtól függően 10, 15 vagy 20 cm³-re hígítottuk, és a referenciaoldattal együtt három különböző hullámhosszon mértük meg az abszorbanciát. Három párhuzamos mérést végeztünk, hogy minél pontosabb eredményt kapjunk, majd az eredményeket átlagoltuk.

A vörös tartományban csak a klorofilok fényelnyelők, a karotinoidok nem. Épp ezért az ebben a tartományban mért abszorbancia csak a klorofilok együttes koncentrációjával arányos. Hogy külön is meg tudjuk határozni a mennyiségüket, ezért a két vörös elnyelési maximumon, 663 és 646 nm-nél mértük az



β -karotin

1. ábra

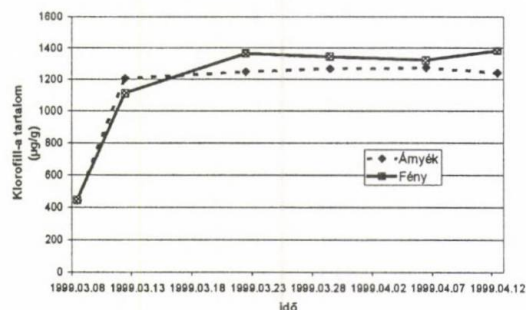


2. ábra

együttes abszorpciójukat. Ekkor viszont a Lambert-Beer törvény a következő egyenletrendszerré módosul, mivel az abszorbancia a két pigment együttes elnyeléséből adódik.

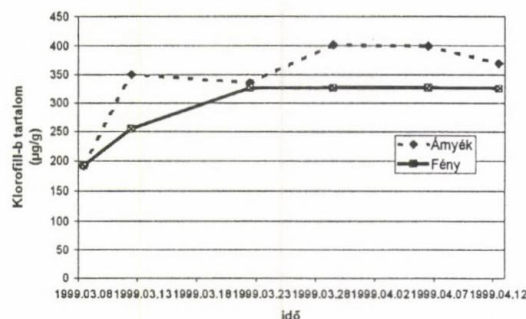
$$A_{663,6} = l \cdot \epsilon_{KI-a, 663,6} \cdot C_{KI-a} + l \cdot \epsilon_{KI-b, 663,6} \cdot C_{KI-b}$$

$$A_{646,6} = l \cdot \epsilon_{KI-a, 646,6} \cdot C_{KI-a} + l \cdot \epsilon_{KI-b, 646,6} \cdot C_{KI-b}$$



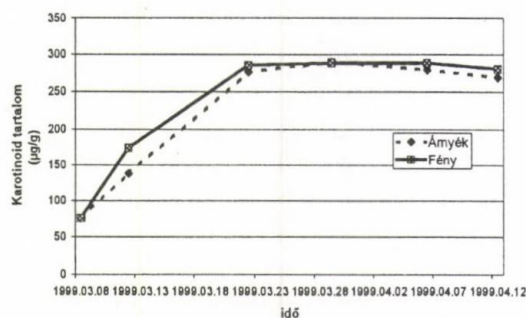
3. ábra

Fajlagos klorofill-a tartalom



4. ábra

Fajlagos klorofill-b tartalom



5. ábra

Fajlagos karotinoid tartalom

Behelyettesítve a fény úthosszát, valamint a hullámhosszra és a 80%-os acetona jellemző moláris abszorpciós együtthatót, kapjuk a megoldásokat. Az adott hullámhosszokra jellemző moláris abszorpciós együtthatók 80%-os aceton esetén az irodalomból ismertek:

$$\epsilon_{KI-a, 663,6} = 85,95 \quad \epsilon_{KI-b, 663,6} = 10,78$$

$$\epsilon_{KI-a, 646,6} = 20,79 \quad \epsilon_{KI-b, 646,6} = 51,84.$$

Ha ezeket az értékeket, valamint l helyére a méréshez használt kivetta vastagságát helyettesítjük, és megoldjuk az egyenletrendszert, megkaphatjuk a klorofill-a és a klorofill-b koncentrációját:

$$C_{KI-a} = 12,25 \cdot A_{663,6} - 2,55 \cdot A_{646,6}$$

$$C_{KI-b} = 20,31 \cdot A_{646,6} - 4,91 \cdot A_{663,6}$$

A karotinoidok elnyelési maximumánál, 440 nm-nél mindhárom pigment fényelnyelő, de a klorofillok mennyiségének ismeretében a karotinoidok mennyisége számítható a következő egyenlet alapján.

$$C_{Kar} = 4,695 \cdot A_{440} - 0,268 \cdot (C_{KI-a} + C_{KI-b}).$$

A zamatos turbolyával végzett kísérleteink eredményei szerint a növények pigmenttartalma hozzávetőleg két hét alatt állandó értékre állt be. A csírázási időszakban a pigmentek mennyisége kisebb, mert a növény ekkor még energiájának nagy részét nem fotoszintézis útján, hanem a sziklevélből nyeri. Nem találtunk nagy eltérést a klorofill-a tartalomban, ebből arra következtethetünk, hogy a szerves anyag szintetizálás a napfényes és árnyékos helyen élő egyedeknél hasonló mértékű (3. ábra). A fajlagos klorofill-b tartalom arányaiban nagyobb eltérést mutat (4. ábra). Ez még szembetűnőbb, ha a két pigment hányadosát ábrázoljuk (6. ábra). A differencia legfőbb oka, hogy a klorofill-b elsősorban fénygyűjtő szerepet tölt be, így felhalmozódása a fénysegeényebb helyen élő példányoknál kompenzálja az előhely okozta hátrányokat. A karotinoidok funkciója kettős: egyrészt szintén a fénygyűjtésben játszanak szerepet, másrészt védelmi funkciót látnak el. Mivel nem találtunk számottevő eltérést az egyedek között, úgy gondoljuk, hogy a napfényben gazdag területen élő növényeknél az erős sugárzás elleni védelem kerül előtérbe, míg az árnyékban élő egyedeknél a fénygyűjtő szerep a meghatározó (5. ábra).

A kísérletsorozat második felében vizsgált fajok: lombos moha, ezüsfenyő, vitorlavirág, zamatos turbolya, a fűfélék családjába tartozó csomós ebír és a kislevelű fikusz. Úgy választottuk meg a növényeket, hogy legyen közöttük nyitvatermő, zárvatermő, egyszikű, kétszikű és szobanövény is. A nagy fénykitettségű fajok közül az ezüsfenyő klorofill-tartalma a legkisebb. Ez abból adódik, hogy a tűlevelek cellulóztartalma a többi növényhez képest magas, így az egységnyi tömegre jutó pigmenttartalom kisebb (7. ábra). A kislevelű fikusznál tapasztalt kiugróan magas érték azzal magyarázható, hogy ez a növény természetes körülmények között trópusi esőerdők aljnövényzetében él, így a fénygyűjtéshez sok pigmentre van szüksége. A fikuszhoz hasonlóan az aljnövényzetben él a zamatos turbolya. A lombos moha esetében azért kapunk ilyen alacsony értékeket, mert a mohák vízvisszatartó képessége jelentős, így a tömeg nagy részét a víz teszi ki, ezáltal a fajlagos pigmenttartalom kisebb.

A fajlagos klorofill-b tartalom arányosan nő a klorofill-a-val, hiszen mindkettő részt vesz a pigmentrendszerek felépítésében. A nagy fénykitettségű fajok esetében a karotinoidtartalom magasabb, ez az erős sugárzás elleni védekezéssel magyarázható. Pl. a csomós ebír gyomtársulások karakterfaja, fényben gazdag helyen él, ezért szüksége van a védelemre. Fenti méréseinkből általános következtetések levonására nem vállalkoztunk, mert megfigyeléseink **szerint a növények pigmenttartalma nagyon sok tényezőtől függ, úgymint fajtól, élőhelytől, élettani szakasztól, illetve attól, hogy életkörülményei mennyire változtak meg a természeteshez képest, és ehhez mennyire képes alkalmazkodni.**

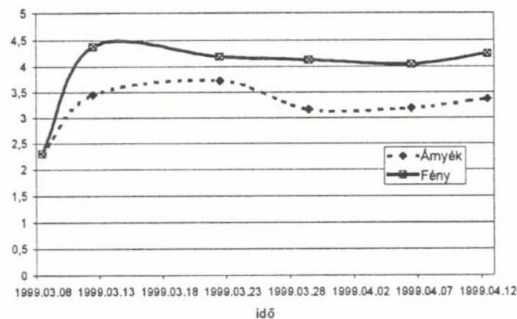
Vizsgálataink alapján viszont úgy gondoljuk, hogy ismert fajhoz tartozó **ismert életszakaszú növény esetén színanyagmérés segítségével vissza lehet következtetni az élőlény életkörülményeire.**

Méréseinket Spektrom 195D típusú spektrofotométerrel végeztük. Ez a ma még elavultnak nem mondható műszer már sok középiskolában megtalálható, és hasonló célokra kitűnően alkalmas. Munkánk kezdetéről az 1. Pécsi

Kémikus Diákszimpóziumon előadás formájában számoltunk be, majd a munkát folytatva egy évvel később a 8. Sárospataki Diákvegyész Napokon díjat nyertünk. Cikkünk az előadásnak kivonata. Elkészítéséhez köszönetet mondunk Dr. Böddi Bélának (ELTE TTK Növényélettani Tanszék) segítségéért, valamint Dr. Sziráki Laurának (ELTE TTK Fizikai kémiai Tanszék), hogy lehetővé tette a spektrofotometriás méréseinket.

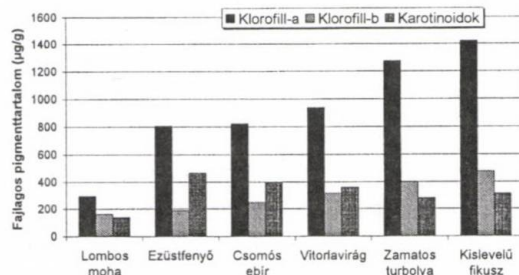
Irodalom

- [1] Balthazárné Vass Katalin: Fizikai kémiai laboratóriumi gyakorlatok, ELTE, Budapest, 1993.
- [2] Dr. Lénárd Gábor: Biológia III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.
- [3] Növényélettani gyakorlatok. Szerkesztette: Láng Ferenc, ELTE, Budapest, 1994.
- [4] A növényi anyagcsere élettana I-II. Szerkesztette: Láng Ferenc, ELTE, Budapest, 1995.



6. ábra

Klorofill-a / klorofill-b



7. ábra

A pigmentek mennyisége

Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásáért 2000. évi díjazottjai

A Magyar Tudományos Akadémia dísztermében 2000. december 1-én ünnepélyes keretek között immár második alkalommal adták át a „Magyar Kémiaoktatásért Díjat” négy kémiatanár kiemelkedő munkáját jutalmazva. A közös ünnepségen ugyanekkor adták át az ez évi Ericsson díjakat is a legkiválóbb matematika- és fizikatanároknak.

A Richter Gedeon Rt. – társadalmi szerepvállalásának megfelelően – 1999-ben „Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásáért” néven alapítványt hozott létre azzal a szándékkal, hogy közvetlenül vállalhasson támogató szerepet a magyarországi kémiaoktatásban és az azzal kapcsolatos ismeretterjesztésben. Az alapítvány évente négy kémiatanár kiemelkedő munkáját jutalmazza a „Magyar Kémiaoktatásért Díjjal”¹. Ebben az évben Nagyné Horváth Emília általános iskolai, Kisszékelyi Gyuláné és Villányi Attila középiskolai tanár kapta meg a díjat, és életmű díjban részesült Dr. Kónya Józsefné nyugalmazott gimnáziumi tanár. A díjazottak jelentős szerepet tölthetnek és töltenek be a kémiaoktatásban, a tehetséggondozásban, diákjaik sikeresen szerepelnek a hazai és nemzetközi kémiai versenyeken, diákolimpiákon. Mozgosították diákjaikat az aktív kémiai és környezetvédelmi tevékenységre, emellett tankönyvek, jegyzetek írásával is elősegítették a magasabb szintű képzés megteremtését.

A Magyar Kémikusok Egyesülete részéről a díjátadó ünnepségen megjelent Dr. Körtvélyessy Gyula az egyesület főtitkára, Vármay György a kémiatanári szakosztály elnöke és az oktatási bizottság nevében Dr. Wajand Judit.

Az ünnepség kapcsán jelentették be a Richter Gedeon Rt., az Ericsson Magyarország Kft. és a Graphisoft R&D Rt. képviselői, hogy a három nagyvállalat közös alapítványt hoz létre a „Magyar Természettudományos Oktatásért” néven. A három nagyvállalat életmű díjjal kíván hozzájárulni a magyarországi természettudományos oktatásban végzett tanári munka rangjának, erkölcsi és anyagi megbecsülésének növeléséhez. Céljuk, hogy tisztelettel adózzanak azon pedagógusok előtt, akik áldozatos szakmai munkájuk révén kiemelkedő eredményei képzik a jövő tehetségeit. A kuratórium évente ítéli oda a „Rátz tanár úr díjat”². Ennek díjazottjai azok a középiskolai tanárok lesznek, akik kimagasló szerepet töltenek be a magyarországi matematika-, fizika- és kémiaoktatásban, e tantárgyak népszerűsítésében és a tehetséggondozásban.

A Richter Gedeon Alapítvány díjazottjai

Nagyné Horváth Emília

1975-ben szerzett biológia-kémia tanári diplomát az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. 1983 óta a Bem József Általános Iskola tanára. Tanári munkájának fontos része a tehetséggondozás. Diákjai rendszeresen szerepelnek a Hevesy György Országos KémiaiVERSE-

¹ Az alapítvány kuratóriumának elnöke dr. Lőw Miklós, a Richter Gedeon Rt. főosztályvezető-helyettese, tagjai dr. Jekkel Antal, a Nemzeti Szakképzési Intézet főigazgatója és dr. Riedel Miklós, az ELTE Fizikai Kémia Tanszékének docense.

² Rátz László (1863-1930), a 20. század fordulójának egyik kiváló pedagógiai érzékű és nagy tudományos felkészültségű tanáregyenisége, a híres Fasori Gimnázium matematikatanára volt 35 éven át. Egész pályafutása alatt arra törekedett, hogy minden diákja megértse és megszeresse a matematikát. Ezt tanításának érdekességével, lenyűgöző előadásmódjával el is érte. Emellett különös gondot fordított a tehetséges diákokra. Az ő tanítványa volt többek között Neumann János, az első számítógép megalkotója, és Wigner Jenő a Nobel-díjas fizikus is.

nyen. Fő törekvése, hogy tanítványai megszeressék tantárgyait, és a környezetüket tudatosan figyelő és védő felnőttekké váljanak. 1990 óta tanulóival rendszeresen részt vesz a savas esőt mérő hazai (SEMI) és a Norvég Környezetvédelmi Intézet Által irányított programokban. Fásítási és alumínium italdoboz-gyűjtési akciókat szervez, gondoskodik a kerületi iskolákban keletkező veszélyes hulladékok elszállításáról. A környezetvédelmi ismeretek tanításáról szóló írása a Fővárosi Pedagógiai Intézet gondozásában jelent meg.

Kisszékelyi Gyuláné

1964 óta a budapesti Irinyi János Környezetvédelmi, Vegyészeti Középiskola és Szakmunkásképző tanára. Kiemelkedő eredményeket ért el a vegyipari szakképzésben a tehetséggondozás terén. Tanítványai rendszeresen szerepelnek és értékes helyezéseket szereznek az Országos Szakmai Tanulmányi Versenyen (OSzTV), az Irinyi János Országos Kémiaversenyen, sőt közülük többen eljutottak a Grand Prix Chimique nemzetközi vegyésztechnikusi diákolimpiára is. A Budapesti Műszaki Egyetem Pedagógiai Tanszékének felkérésére vezető tanári feladatokat látott el. A környezetvédelmi szakmacsoportban tanulók részére gyakorlati feladatokat dolgozott ki és próbált ki a vízvizsgálatok területén, lektorálta a drog- és toxikológiai technikusok központi programját.

Villányi Attila

1981-ben végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetem biológia-kémia szakán. 1982-től a Szilágyi Erzsébet Gimnáziumban kémiatanár, majd 1990-től az Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium kémia szakos vezetőtanára.

Az elmúlt csaknem két évtizedben diákjai rendre kiváló helyezésekkel szerepelnek az Irinyi János Országos Kémia Verseny és az Országos Kémia Tanulmányi Verseny döntőiben. A Nemzetközi Kémiai Diákolimpián az elmúlt tíz évben felkészítő munkájának köszönhetően hat diákja összesen nyolc érmet szerzett, közülük hárman lettek világsők. Tehetséggondozó oktató munkája mellett számos tankönyv és példatár szerzője. 1988 óta részt vesz a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémiatanári Szakosztályának munkájában, 1996-tól az Országos Köznevelési Intézet tudományos munkatársa, részt vesz a kétszintű kémia érettségi követelményeit kidolgozó minisztériumi bizottság munkájában.

Dr. Kónya Józsefné

1962-ben szerzett középiskolai kémia-fizika szakos diplomát a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen. 1963-tól 1989-ig a debreceni Tóth Árpád Gimnázium tanára, 1989-től 1995-ig, nyugdíjazásáig a KLTE Kémia Szakmódszertani Részlegének vezetője. Azóta is töretlen erővel és szorgalommal dolgozik a közoktatásban: óraadó tanár a Tóth Árpád Gimnáziumban. Tagja az OKTV és az Irinyi János kémiaverseny szervezőbizottságának. Tanítványai rendre az OKTV döntőjének résztvevői, díjazottjai, a Kémiai Diákolimpián résztvevő diákjai két ezüst, illetve egy bronzérmel szereztek. Írásai a Kémia Tanítása és a Módszertani Lapok – Kémia c. folyóiratokban jelentek meg. Számos tantervet, könyvet lektorált, alkotószervezője volt a Módszerek és Eljárások c. kiadvány három kötetének. Összesen 12 tankönyvet, munkafüzetet, valamint tanári segédanyagot készített.

Helyreigazítás

A 2000. év 5. számában Kovács Ferenc Számoljunk egyszerűbben, könnyebben című cikkében sajnálatos módon sok értelemzavaró hiba (műveleti jelek kimaradtak) került. Ezúton kérünk elnézést a szerzőtől és az olvasóktól, és kérjük vegyék a fáradságot, hogy a megoldások gondos, tüzetes áttekintése után saját és iskolai példányaikban pótolják a hiányzó műveleti jeleket. (A hasonló hibák elkerülése végett kérjük a szerzőket, hogy amennyiben van rá módjuk, kéziratukat e-mailen (kattila@mozaik.info.hu), vagy lemezen küldjék el. A cikk megjelenése után a lemezeket természetesen visszaküldjük.

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

A Természetismeret 5. osztályos kötet
2001-től már a kerettanterv szerint
átdolgozva jelenik meg.
(Az új tankönyvjegyzékről rendelhető.)

A 2001/2002-es tanévre
a Természetismeret 6. osztály,
Biológia 7., 8., Földrajz 7., 8.,
Kémia 7., 8. és a Fizika 7., 8. tankönyvek
jelenlegi formájukban rendelhetők.
A könyveket a kerettanterv bevezetésével
felmenő rendszerben átdolgozzuk.

A sorozat 9. évfolyamos
(kerettanterv szerinti) kötetei
2001 szeptemberében jelennek meg.



A TANKÖNYVCSALÁD NÉHÁNY TOVÁBBI KÖTETE



MOZAIK KIADÓ

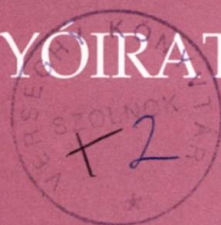
Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612



A kémiai fogalmak
tanításának tartalmi és
módszertani kérdései

(Dr. Tóth Zoltán)

A tájékoztatás és
tudatformálás előfeltétele
a szavak és a fogalmak
értése és megértése

(Dr. Szalay Tibor)

Az Avogadro-állandó és
meghatározása kísérlettel

(Dr. Széll Tamás)

IX. ÉVFOLYAM 2001

2

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Dr. Tóth Zoltán

Dr. Soltész György

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Kovács Attila

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301.

Éves előfizetési díj: 980 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási Minisztéri-

um és a Soros Alapítvány

támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

a Generál Print Nyomda Kft.-ben

TARTALOM

A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései

Dr. Tóth Zoltán

egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Debrecen

A kémiatanítás objektív feltételei: a vegyifülke

Dr. Adamkovich István

egyetemi docens, SZTE, Szeged

A tájékoztatás és tudatformálás előfeltétele a szavak és a fogalmak értése és megértése

Dr. Szalay Tibor

ny. egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Debrecen

Az Avogadro-állandó és meghatározása kísérlettel

Dr. Széll Tamás

emeritus professzor, SZTE

Tovább is van, mondjam még!...

(A szilikon világsíkere)

Deák Csaba – Farkas Máté – Zsuffa János

11. c oszt. tanulók, ELTE Trefort Ágoston Gyak. Isk.

A foszfor szerepe és jelentősége az élővilágban, foszfortartalmú műtrágyák

Gárdus Dénes

12. c oszt. tan., Diósgyőri Gimnázium

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 6-8 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés).

A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézések név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalmak alfabetikus sorrendben készüljenek.

Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.



Dr. Tóth Zoltán

A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései

Apjainkra egyre határozottabban körvonalazódik a kémia hatékony oktatását gátló két alapvető probléma: a tananyagnak a tudomány logikáját követő felépítése, valamint a kémia oktatásának tudományos igényű vizsgálatával foglalkozó kutatók és a gyakorló pedagógusok, tankönyvírók, tantervkészítők közötti kommunikáció hiánya. Jellemző példa, hogy a nyolcvanas évek végén felfedezett fullerének (a szén harmadik kristályos módosulatai, pl. C_{60}) a kilencvenes évek elején kiadott kémiatankönyvekben már szerepelnek. Ugyanakkor „...a kémia oktatásával kapcsolatos kutatások a 20. században nagyon kis hatást gyakoroltak a kémia tanítására. A tankönyvekben az utóbbi négy évtizedben végrehajtott változtatásokat nem a tudományos kutatások [értsd: módszertani kutatások] eredményei vezérelték. Noha a kémia oktatásának kutatásával foglalkozó szakemberek lényegében minden jelentősebb tévképzetet feltártak, ami a bevezető kémiakurzusok anyagához kapcsolódik, a tanárok 90%-a vagy egyáltalán nem ismeri azokat, vagy nem használja a kialakulásukat megelőző eljárásokat az oktatás során.” [1]. A számtalan példa közül csak négyet említek:

1. A kémia tanulása-tanítása során végig nagy problémát jelent a fizikai és a kémiai változás megkülönböztetése. Noha mind a magyar nyelvű, mind az angol nyelvű módszertani szakirodalomban már többször kifejtették, hogy pusztán a csoportosítás kedvéért nem szabad ezeket a fogalmakat bevezetni [2, 3], a régi és a

legújabb tankönyvek szerzői, a tanterveket és vizsgakövetelményeket összeállító bizottságok továbbra is ragaszkodnak ahhoz, hogy a tanulók kémiai tanulmányaik kezdetén (7. osztályban) tudjanak különbséget tenni fizikai és kémiai változás között [4].

2. Az általános és középiskolás tanulók (még a felvételizők jelentős hányada is) azt hiszi, hogy amikor egy melegben telített oldatból hűtés hatására oldott anyag válik ki, akkor a visszamaradó folyadék víz, nem pedig hidegen telített oldat. Mi okozhatja ezt a gyakori tévképzetet? Az egyik ok az, hogy az oldatok tanítása során a tanulók megtanulják, hogy az oldat oldott anyagból és oldószerből jön létre, tehát – többen így okoskodnak – ebből következik, hogy ha az oldott anyag kiválik, akkor az oldat másik komponense, az oldószer marad vissza. Ezt a tévképzetet a bevezető kémiakönyvek nagy része is erősíti azáltal, hogy explicit módon nem tárgyalja ezt a problémát, illetve a jelenség kísérleti szemléltetésére nem a legalkalmasabb rendszert javasolja. Például, az általánosan tanult 20 tankönyvből mindössze 2 fogalmazza meg explicit módon, hogy egy melegben telített oldat lehűlésekor egy hidegen telített oldatot kapunk, 8 javasolja az oldhatóság hőmérsékletfüggésének kísérleti szemléltetését, de olyan sókkal (pl. KNO_3 , NH_4Cl , NH_4NO_3), amelyek vizes oldata színtelen, így a tanulók joggal vélhetik a színtelen folyadékot tiszta víznek. Pedig az oldhatóság hőmérsékletfüggését egyszerűen lehet szemléltetni színes oldatokkal ($K_2Cr_2O_7$, Cu_5O_4) is [5, 6].

3. Még az egyetemi vizsgákon is gyakran tapasztaljuk azt a tévképzetet, mely szerint bármelyik kémiai reakció sebességi egyenlete felírható a reakció sztöchiometriai egyenlete alapján. Kiderült, hogy ennek a tévképzetnek az az oka, hogy a magyar bevezető kémiatankönyvek kétharmada az egyensúlyi állandót és a tömeghatás törvényét kinetikai alapon vezeti be, szemben az angol nyelvű tankönyvekkel, ahol ez az arány nem éri el a 20%-ot [7].

4. A kémia oktatásával kapcsolatos kutatások egyértelműen kimutatták, hogy az oxidáció és redukció mint oxigénátmenet tanítása főleg és kifejezetten káros a fogalom későbbi, elektronátmenettel történő értelmezése és alkalmazása szempontjából. Ennek ellenére szinte valamennyi 7. osztályos kémiakönyvben, valamint a most közreadott kerettantervben is megtaláljuk az oxidáció és redukció eredeti értelmezését, sőt számos tankönyv az oxidációt és redukciót külön témakörben tárgyalja [8, 9, 10].

A kémia oktatásának, a kémiai műveltség kialakításának egyik fontos kérdése, hogy milyen fogalmakat, mikor és milyen szinten kell tanítani. Véleményem szerint bármely kémiai fogalom tanítása csak akkor és csak olyan szinten szükséges, amikor és amilyen szinten

- a hétköznapi problémák megoldása vagy
- a kémiai ismeretek megértése, rendszerezése igényli.

A hétköznapi problémák megoldása-megértése, pontosabban a reklámok szövege teszi szükségessé például azt, hogy ma már a kémiai tanulmányok kezdetén foglalkozni kell a pH fogalmával, elemi szintű meghatározásával, vagy azt, hogy újra kellene gondolni a vízlágyítási módszerek kémiai alapjainak tanítását. A kémiai ismeretek megértése és rendszerezése miatt szükséges bizonyos anyagszerkezeti fogalmakat (pl. atom, ion, molekula, kémiai kötés), valamint a periódusos rendszert már az általános iskolában tárgyalni. Főleg és viszont a közis-

mereti kémiában szerepeltetni például a kvantumszámokat, az oxidációs számot, a sebességi egyenletet, a Markovnyikov-szabályt vagy a Zajcev-szabályt.

Különösen nagy gondot igényel azoknak a kémiai fogalmaknak a bevezetése, amelyek jelentése a tudomány fejlődése során többé-kevésbé megváltozott. Az ilyen fogalmak tanítására háromféle út kínálkozik:

- a fogalom kezdeti és mai jelentésének tanítása a fogalom történeti fejlődésének bemutatása során;
- a fogalomnak csak egy kezdeti megfogalmazását tanítjuk;
- a fogalomnak csak a modern értelmezését tanítjuk.

Ilyen kémiai fogalmak például az elemek periódusos rendszere, a relatív atomtömeg, az oxidáció, a homogén reakció, az aromás vegyület, a kémiai reakció, a sav, az optikai izomer, a szénhidrát stb. [8]

A megfelelő tanítási út kiválasztásához többek között mérlegelni kell, hogy

- a tanulók iskolán kívül szerzett ismereteiben szerepel-e a fogalom vagy annak egy korábbi, ma már túlhaladott jelentése;
- az iskolában tanultak szükségessé, illetve lehetővé teszik-e a fogalom legújabb értelmezését.

Például az oxidáció (vagy általánosabban a redoxireakció) fogalmát elegendő lenne csak a megfelelő anyagszerkezeti alapok megléte után bevezetni, mivel a fogalmat a hétköznapi életben nem nagyon használjuk, ugyanakkor az elemi szintű meghatározás (reakció oxigénnel, illetve oxigénátadás) nem segíti elő a kémiai ismeretek megértését, rendszerezését, sőt számos tévképzetet eredményezhet. A kémiai ismeretek megértéséhez, rendszerezéséhez elegendő lenne a redoxireakcióknak, mint elektronátmenettel járó reakcióknak a tanítása. Teljesen főleg az igen elvont oxidációs szám bevezetése, márcsak azért is, mert felmérések

bizonyítják, hogy a tanulók nem használják ezt a fogalmat a redoxiegyenletek rendezésére [8, 9, 10, 11, 19]. Ezzel ellentétben a relatív atomtömeg fogalmának tanításakor a tanulók számára logikusabb, elfogadhatóbb, a kémiai számítások pontossága szempontjából is megfelelő lenne az eredeti, a hidrogénre vonatkoztatott relatív atomtömegskála tanítása a korszerű, C-12-re vonatkozó helyett [12]. A periódusos rendszer esetén viszont mind az eredeti (az elemek fizikai és kémiai tulajdonságain alapuló) rendszer, mind a modern (az elemek atomjainak elektronszerkezetén alapuló) értelmezést tanítani kell, de a kettőt időben és térben elválasztva. A jelenlegi tanítási módszer – miszerint ugyan az elemek periódusos rendszeréről beszélünk, de azt elektronszerkezeti alapon tárgyaljuk – következtében keverik a tanulók az elem- és atomfogalmakat [4, 13].

A kémiai fogalmak történeti alapon való tanítása sem tekinthető problémamentesnek. Egy nemrégén végzett kutatás szerint a kontrollcsoporthoz képest semmivel sem érték el jobb eredményt a fogalomelsajátításban azok a kísérleti csoportban lévő 14 éves tanulók, akik az atomfogalmat és a periódusos rendszert történeti alapon tanulták [14]. Ugyanakkor olyan fogalmak esetén, ahol a tanulók naív elméleteiben (tévképzeiteiben) megjelennek a tudománytörténet korábbi, ma már túlhaladott nézetei, kifejezetten hatékony lehet a történeti alapon való tárgyalás [15]. (Ilyenek pl. az égésre vonatkozó flogiszonelmélet, vagy az anyag folytonos szerkezetére vonatkozó elképzelések.)

A kémiai fogalmak tanításának további problémája, hogy számos fogalomnak lehet

- többszintű (pl. makro-, részecske- és szimbólumszintű) értelmezése; ill.
- hétköznapi és tudományos jelentése,

és ezek általában egymástól eltérőek. Az előbbire példa a „fizikai és a kémiai változás”, a „vegyjel-képlet-reakcióegyenlet”; az utóbbira a „csapadék”, a „kristályvíz”, a „sűrű”, a „vas”, a „víz”, a „levegő”, az „üveg”, a „nejlon”,

a „forrás”, a „szóda”, a „hidrogénezés” és a „só” [8]. Az anyagok és jelenségek makro-, részecske- és szimbólumszintű értelmezésének egyidejű bevezetése igen nehéz helyzet elé állítja a tanárt és a diákot egyaránt. A fizikai és kémiai változások esetén például a részecske-szintű értelmezés (kémiai változás = új részecske keletkezése) és a makroszintű értelmezés (kémiai változás = új tulajdonságú anyag képződése) gyakran nem esik egybe. Ez okozza például azt, hogy a felvételiző diákoknak kb. egyharmada szerint a kálium-klorid oldása vízben kémiai változás, vagy egyes tankönyvek szerint a fizikai és kémiai változásokon kívül meg kell különböztetnünk még ún. fizikai-kémiai változásokat is. A kémiai jelek (vegyjelek, képletek, reakcióegyenletek) kettős (makro- és részecskeszintű) jelentésének egyidejű tanítása további súlyos problémákat okoz az általános iskola 7-8. osztályában. (Például az O_2 képlet, mint szimbólum jelenti az oxigént mint elemet és annak molekuláját; jelent továbbá 1 oxigénmolekulát, 1 mol oxigénmolekulát, azaz $6 \cdot 10^{23}$ oxigénmolekulát és 32 g oxigént.) Többek között a vegyjelek és képletek hatféle jelentése miatt alakulhatnak ki olyan tanulói tévképzetek, mint például az elem- és az atomfogalmak, illetve a mól- és a molekulafogalmak keverése [4].

Általános gyakorlat, hogy az elvont kémiai fogalmakat különböző szintű modellek (materiális modellek, analógiák, ábrák stb.) segítségével próbáljuk közelebb vinni a tanulókhöz. Ezek használatakor azonban mérlegelni kell azt, hogy minden modell szükségképpen magában hordozza új, gyakran nem is a fogalomhoz kötődő tévképzet kialakulását. Például a kémiai egyensúly és a tömeghatás törvénye tanításának egy igen szemléletes és játékos formája a különböző dinamikus (statisztikus, hidrodinamikai) modellekkel történő „mérés”. Ezzel nagymértékben elősegíthetjük a helyes fogalomalkotást, elkerülhetjük a már említett tévképzetek kialakulását, viszont kialakíthatjuk vagy

megérősíthetjük azt a tévképzetet, mely szerint a kémiai reakciókban a kiindulási anyagok és a termékek egymástól térben elválasztva (a kiindulási anyagok a bal oldalon, a termékek a jobb oldalon) találhatók [16].

Ez a néhány példa is mutatja, hogy van még tennivalónk a kémiai fogalmak tanítása terén. Sajnos a pedagógiai, pszichológiai és módszertani kutatások eredményei nagyon nehezen és lassan jutnak át azon a gáton, ami a kutatók és a tantervkészítők, tankönyvírók, tanárok között húzódik. Hazai és külföldi [17] tapasztalatok is bizonyítják, hogy a tanárképzésben résztvevő hallgatók, valamint a továbbképzéseken résztvevő tanárok kikerülve, illetve visszakerülve az iskolába nagyon keveset hasznosítanak azokból a tudományos eredményekből, oktatási módszerekből, amelyekről hallottak, tanultak. Úgy tűnik, hogy ilyenféle oktatáskorszerűsítésben a kis lépések stratégiája a járható út [18].

Irodalom

- [1] Gabel, Dorothy: Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, (1999) 76/4. 548. old.
- [2] Balázs Lóránt: A kémiai folyamatok tanítása. In: Balázs L.: Az általános iskolai kémiatanítás korszerűsítésének története. OPI Pedagógus Továbbképzés Könyvtára, Bp., 1978. 72. old.
- [3] Brosnan, Tim: When is a chemical change not a chemical change? *Education in Chemistry*, (1999) 36/2. 56. old.
- [4] Tóth Zoltán: A kémia tankönyvek mint a tévképzetek forrásai. *Iskolakultúra*, (1999) 9/10. 103. old.
- [5] Tóth Zoltán: Colourful solutions to misconceptions. *Education in Chemistry*, (2000) 37/4. 94. old.
- [6] Tóth Zoltán: Az oldhatóság hőmérsékletfüggésének szemléltetése. *Módszertani Lapok Kémia* (megjelenés alatt).
- [7] Tóth Zoltán: Egy kémiai tévképzet nyomában. Az egyensúlyi állandó bevezetésének lehetőségei és problémái. *Iskolakultúra*, (1999) 9/2. 108. old.
- [8] Tóth Zoltán: „Bermuda-háromszögek” a kémiában. *Iskolakultúra*, (2000) 10/10. 71. old.
- [9] Tóth Zoltán: Difficulties and possibilities in teaching oxidation and reduction. *Book of Abstracts, 16th International Conference on Chemical Education*, Budapest, (2000) 63. old.
- [10] Tóth Zoltán: Az oxidáció és redukció a tankönyvekben, tantervekben és vizsgakövetelményekben. *A Kémia Tanítása*, (2000) 8/4. 3. old.
- [11] Tóth Zoltán: Az oxidáció és redukció tanításának problémái és lehetőségei a kémiakoktatás kutatásának tükrében. I-II. *Módszertani Lapok - Kémia* (megjelenés alatt).
- [12] Schmidt, Hans-Jürgen: How to introduce stoichiometric problem solving – teaching ideas based on research. *The School Science Review* (megjelenés alatt).
- [13] Schmidt, Hans-Jürgen: Does the periodic table refer to chemical elements? In: *Book of Abstracts. 4th European Conference on Research in Chemical Education*, York, (1997) 45. old.
- [14] Irwin, A.R.: The nature of science. *Science Education*, (2000) 84. 5. old. In: *Education in Chemistry*, (2000) 37/3. 82. old.
- [15] Korom Erzsébet: Naív elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor. *Magyar Pedagógia*, (1997) 97/1. 19. old.

- [16] Tóth Zoltán: How to introduce chemical equilibrium – a teaching strategy. Book of Abstracts, 16th International Conference on Chemical Education, Budapest, (2000) 68. old.
- [17] Pestana, Maria-Elisa Maia: What chemistry teachers think of how to use educational research results about chemical equilibrium. Book of Abstracts, 16th International Conference on Chemical Education, Budapest, (2000) 66. old.
- [18] de Jong, Onno: Chemical education research and teaching practice: living apart or together? In: Book of Abstracts, 16th International Conference on Chemical Education, Budapest, (2000) 70. old.
- [19] Tóth Zoltán: A reakcióegyenletek rendezésének módszerei és problémái. Magyar Kémiai Folyóirat, (1999) 105/6. 207. old.

A munkát az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA T-026281) támogatta.

Dr. Adamkovich István

A kémiatanítás objektív feltételei: a vegyifülke

Az utóbbi időben egyre több kritika éri a magyar természettudományos oktatást és ezen belül a kémia tanítását is. A kritikákat érdemes megiszívlelni különösen akkor, ha azok tudományosan megalapozottak. Sokkal kevesebb szó esik azonban arról, hogy mi lehet a bajok oka. Míg a humán tantárgyak és a matematika néhány alapvető taneszközzel (pl. írásvetítő, körző, vonalzó stb.) érzékletesen, jó eredménnyel taníthatók, addig a kémia és a fizika tárgyak korszerű tanításához ennél sokkal többre van szükség.

Nagyra értékelendő Öveges József tanár úr tantárgytörténeti jelentőségű cipőpasztás dobozból és háztartási kacatokból eszkábált kísérleti eszközei és az azzal bemutatott demonstrációi, de ma már senki nem gondolhatja komolyan, hogy ez a jövő járható útja. Nyugat-európai taneszköz-katalógusokat lapozgatva szomorúan kell megállapítanunk, hogy ezen a téren lemaradásunk fényévnyi. Korszerű tartalmat hatékony módszerekkel csak modern eszközökkel

lehet tanítani. Az elmúlt tíz-húsz évben a taneszközök tekintetében is többszörös generációváltás zajlott le, az eszközök „intelligenciája” sokszorosára nőtt, megkönnyítve ezzel a tanárok munkáját. A magyar közoktatás de a felsőoktatás számára is a Leybold, Phywe labor-eszközök, szemléltetőeszközök, berendezések, műszerek az elérhetetlen délibábok világába tartoznak, és a „méregdrága” vegyszerek is megfizethetetlenek.

A környezetvédelem, egészségvédelem, természetvédelem új dimenzióba emelte a kémia-oktatást is.

A munka világában is kulcsszerepet kapott az egészségvédelem. A vegyszerekkel történő „érintkezésnek” – nagyon helyesen – egyre szigorúbb előírásai vannak. Így a kémiaórán bemutatott kísérletezésben egyre nagyobb szerepet kap a **vegyifülke**.

Természetesen jól tudták ezt már elődeink is, hiszen a 60 – 70 – 80 éve épült patinás is-

kolák kémia előadóiban megtaláljuk a vegyifülkét. Az persze már más lapra tartozik, hogy a tanterem és az előkészítő helyiség közé beékelte a fülke, az üveglablakon keresztül történő kommunikáció a pedagógiai abszurd világába emelte a tanítást. Az előadóterem sarkában a falhoz tapasztott fülkében bemutatott kísérleteket pedig a tanáron kívül csak néhány beavatott tanuló láthatja.

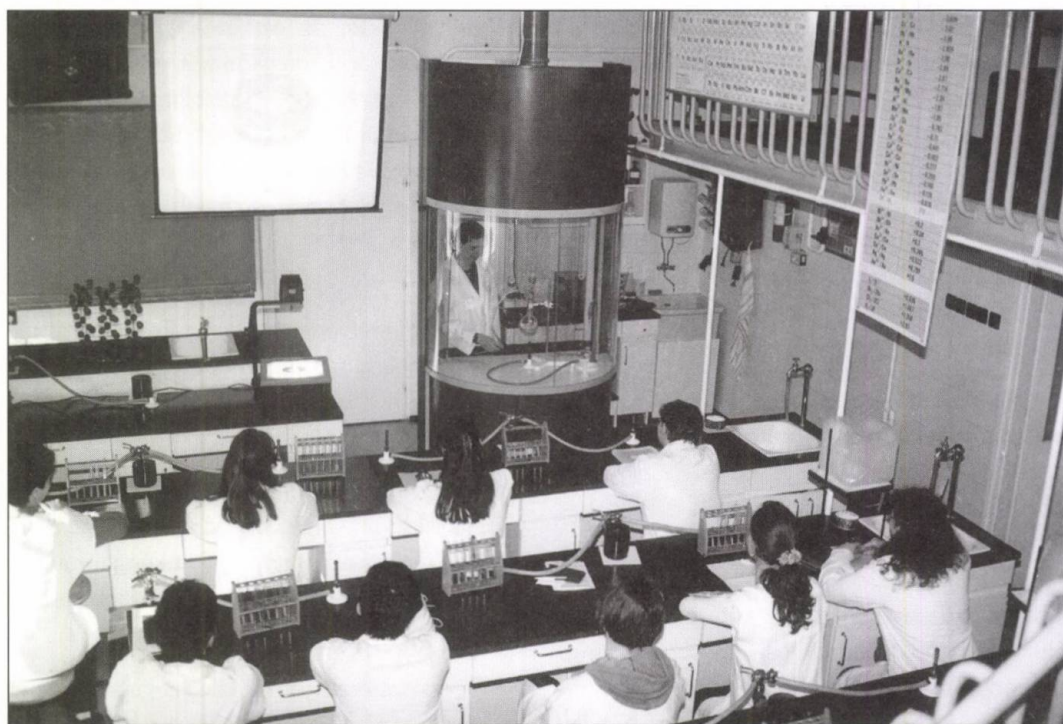
A felsőoktatásban a kémiatanár-képzésben is hasonló problémákkal küszködünk.

Mindezen nehézségek megoldásához egy véletlen találkozás vezetett bennünket. Néhány évvel ezelőtt egy Hundidac taneszköziállításon megláttuk a HOHENLOHER német cég által forgalmazott Panoráma típusú új generációjú vegyifülkét. Az ilyen felépítésű berendezés napjaink szemléltető oktatásának elengedhetetlen része. A szakteremben több mint 180°-os be-

mutatóterével, körüljárható elhelyezésével kitűnő lehetőséget nyújt arra, hogy a tanulók a tanterem minden pontjából a kísérletet jól lássák anélkül, hogy a tanár-tanuló közötti kommunikációban bármiféle zavar támadna. A keret nélküli félköríves, dupla biztonsági üveg holtterek nélküli rálátást biztosít.

A német precizitással, igényes dizájnnal elkészített fülke „ékszerdobozként” emeli a szakterem esztétikáját is.

Amennyire fontos szempont volt, hogy minden iskolának legyen tornaterme, legalább annyira lenne a korszerű vegyifülkék megléte is, mert ez nemcsak a kémiaoktatás minőségét javítaná, hanem a tanulók, tanárok egészségvédelmét is szolgálná. Ha ezt a közeljövőben mégsem lehet megvalósítani, annak valószínűleg legfőbb akadálya a fülke meglehetősen borsos ára. (Mihez képest?...)



Dr. Szalay Tibor

A tájékoztatás és tudatformálás előfeltétele a szavak és a fogalmak értése és megértetése

Bevezetés

Az emberi boldogulás előfeltétele, hogy megismerjük önmagunkat és környezetünket, azaz a világot, amelyben élünk, hogy el tudjunk igazodni, hogy megtaláljuk benne helyünket, hogy figyelemmel kísérhessük és megértsük a fejlődést, hogy **kritikával** fogadjuk a bekövetkező változásokat. Ezt szolgálja az iskolarendszer, illetve a tudományos-technikai és kulturális (művészeti stb.) ismeretek tárháza használatának elsajátítása és a **gondolkodási készség** kialakítása, valamint az ilyen célból létrehozott és fenntartott intézmények és a napjainkban robbanásszerűen kiterjedő információs hálózat, a maga mikroelektronikai és számítástechnikai eszközeivel, illetve módszereivel. Ha valaha, most aztán igazán elemi feltétel, hogy értsük és megértsük egymást, vagyis hogy *nyelvünket* (vagy általában a nyelveket) *helyesen és -ezen belül- fogalmi rendszereinket pontosan használjuk*, hogy ne ütközzünk nap mint nap ellentmondásokba vagy problémákba.

Sajnálatos, és **korunk egyik legveszélyesebb, negatív fejleménye** (aminek következményei szinte beláthatatlanok), hogy a tudomány eredményeivel büntetlenül visszaélnek, fogalom- és eszköztárat haszonlesésre, tudatos kódosításra és megtévesztésre használják. L. pl.: a Kossuth Rádióban elhangzott kijelentés: „Nincs mellékhatása, mert nem gyógyszer.” (!). Hasonló közlések, netán reklámok szinte végtelen sora idézhető. Nézzünk néhányat! „A fotokémia alkonya” (!). „Az energetikai fejfedők (?) térformájukkal és szimbólumrendszerükkel (!) képesek az ember energiarendszerét harmoni-

zálni” (?). (Rádió és Televízió Újság, RTV-részletes, 1999. évi 33. szám, 41. oldal). „Az Alzheimer-kór előidézője az alumínium”. „Az emberiség zsákutcája az atomenergia (békés!!) hasznosítása”. („...felejtsük el...”, ismételtette egy időben egyik akadémikusunk a Duna Tévében.)

Valamikor az Alzheimer-kórrol – az agy időskori megbetegedéséről – azt feltételezték, hogy az alumínium agybeli feldúsulása okozza. Az analitikai (elemző) kémia fejlődése nyomán azonban ez a hipotézis tévesnek bizonyult. Most itt – utólagosan – magyarázkodásnak is tűnhet, mégis érdemes megjegyezni, hogy az emberiség fejlődése során – a vízzel és általában az élelmiszerekkel – mindig fogyasztott alumíniumot és szilíciumot, amelyek a legelterjedtebb és a legismertebb elemek közé tartoznak. Következésképpen vegyületeik az aluminátok, a szilikátok és a szilikát-aluminátok az emberi szervezetben, mint bonyolult biokémiai reaktorban, ártalmatlan (passzív) reaktánsként jelennek meg, és „a végtermékekben” valamilyen kísérőanyagként távoznak. [1]

Más jellegű, de társadalmilag ugyancsak káros további jelenségek és megnyilvánulások még, mint pl.: a hulladékfeldolgozás vagy ártalmatlanítás mesterségesen felnagyított problémái (l.: tönkrement akkumulátorok feldolgozása). A növényvédelem és műtrágyázás elvetése. (L.: biokertészkedés. A korszerű/többek között éppen kemikáliákkal elősegített/élelmiszertermelés ma a 6 milliárd embert jobban ellátja /az ismertén és sajnálatosan még mindig rendkívül sok gyengén táplált ember létezése ellenére is/, mint valaha a milliókban vagy százmilliókban kifejezett lélekszámú korokban.)

Ebbe a kategóriába sorolható még az ún. *veszélyes anyagok fogalomkörének indokolatlan és „közkedvelt” kiterjesztése*, hiszen a legtöbb ipari, mezőgazdasági és kommunális (lakossági) melléktermék, illetve hulladék éppen annak a következtében válhat veszélyessé, hogy nem átgondoltan (nem szelektíven), vagy éppen felelőtlenül kezelik, tárolják stb. Ugyanakkor pedig – kellő szervezéssel és odafigyeléssel – mindezek másodlagos nyersanyagforrásként használhatnának.

De **ki figyel oda? Ki magyarázza meg ezek tarthatatlanságát, vagyis a felelőtlenséget?** Nap mint nap tapasztalhatjuk és láthatjuk: a társadalomnak még arra sincs ereje, hogy a minden jóérzésű embert joggal ingerlő vandalizmust, a „falfráká”-t, a szemetelést stb. megfékezze, visszaszorítsa! *Az erre hivatottak talán nem merik vállalni a fellépést, netán nem ellenőrzik kellően és nem kérik számon a feladatörök ellátását?*

Mindenki természetesnek veszi (netán észébe sem jut?), hogy a tudomány sok évszázados és egyre gyorsabban szaporodó eredményei életünket egyre könnyebbé, szebbé, gazdagabbá és sokszínűbbé tették. (Nagy ellentmondás tehát a tudomány és művelőinek fokozatos leértékelődése, ami a társadalom hangadói által „megfestett”, **torz tükröképpnek** a jól érzékelhető negatív következménye.) Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az átlagos emberi életkor talán soha nem gondolt mértékű meghosszabbodása is a tudomány eredményeinek tulajdonítható. Jóllehet, a felgyorsult életvitel mintegy „velejárájaként”, többnyire tudatlansággal és felelőtlenséggel társulva (1. pl.: dohányzás, mértéktelen italozás, kábítószerelés stb.), vagy egyszerűen „csak az oda nem figyelés” következtében. Feltűnő módon és bizonyára nem véletlenül, a sikeresnek vélt, közismertté vált, és a fiatalok által meggondolatlanul követett, rossz életvitelt sugalló **sztárok** élete idejekorán kettétörik, tragikusan hamar véget ér, miáltal a vázolt markáns fejlődés (növekedés) nyilvánvalóan mérseklődni fog, vagy netán még vissza is fordul.

Ebben a pályázati cikkben, néhány példa bemutatásával, arra törekszünk, hogy a fogal-

mak helyes használatának fontosságát, értelmét és **hasznát** – kémiai oldalról – megvilágítsuk.

A kémia fogalomköre, annak vetületei és „tettenérhető” torzképei

Az anyagi tulajdonság elemi hordozói az atomok, vagy a több atomból felépülő molekulák, amelyek mennyiségétől és a külső feltételektől (pl. hőmérséklet és nyomás) függően lehet egy anyag gáz, folyadék vagy szilárd halmazállapotú. Az anyagi mennyiség egysége a mol, ami $6,02 \cdot 10^{23}$ db molekulát jelent. Pl.: az egyik legmindennapibb anyag, a víz 1 mólja kb. 18 cm^3 . Ebből képet alkothatunk a vízmolekulák méretéről is: $18/6 \cdot 10^{-23} = 3 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$, mert ha első közelítésben gömbnek fogadjuk el a vízmolekulát, akkor ennek sugara $r = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$, vagyis kb. 0,2 nm, mert $1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. (L.: a tudományos kutatások célterülete, a „**nanoszerkezetek**” vizsgálata.) Példánknál maradva, 5 db vízmolekula – vonalban elrendeződve – durván 2 nm hosszúságú. Ebből az elképzelhetetlenül kis méretből sok probléma és félreértés adódhat. E kutatások elsődleges célja ezek feloldása, illetve megoldása.

Mindenekelőtt kiemeljük itt is **az anyagok tisztaságát**, és hangsúlyozzuk ennek jelentőségét, fontosságát, valamint viszonylagosságát. [2] Ezzel összefüggésben arra a veszélyforrásra is érdemes rámutatni, amely abból a félreértésből, vagy csak jóhiszeműségből, netán tudatlanságból adódik, amikor is csupán az anyagok eredetét tekintik fontosnak (1. pl.: a természetben, vagyis az erdőben, mezőkön és az erősen szennyezett útszéleken begyűjtött ún. *naturáliák* esete: „fűben-fában orvosság”...), nem pedig azok tisztaságát és ellenőrzöttségét tekintik lényegesnek.

Az anyagok „viselkedése”, felhasználhatósága és értéke mindig a tisztaság függvénye. Nem véletlen az, hogy a kémiában uralkodóvá vált a ppm (parts per million) *mértékegység*. Ez ugyanis azt fejezi ki, hogy mennyi más anyag mellett van jelen a vizsgált anyag. Ismert, hogy az anyagok reakciókészsége és ellenálló képes-

sége (pl. az alumínium) jelentős mértékben változik a tisztasággal, vagyis az összetétellel. [2]

Az anyagokat fizikai, kémiai, biológiai stb. tulajdonságaikkal jellemezzük, ezekről ismerhetjük fel, és ezek alapján lehet azonosítani őket. Jóllehet, e tulajdonságokból közvetlenül adódik (és természetes is, de mégsem „köztudott”), hogy az összetételtől, a halmazállapottól és a körülményektől, de legfőképpen **a többi jelenlévő anyag minőségétől, mennyiségétől, állapotától** stb. is függ az egyes „kölsönhatások” minősége és mértéke, aminek rendkívül változatos, beláthatatlanul sokféle következménye, illetve „terméke” lehet. Következésképpen egyszerűen **nincs értelme pl. „kémiai anyag”-ról beszélni.** Ha talán nem is „kiagyaltan”, tudatosan terjesztett, de divatossá váló és így a közvéleményben megjelenő, nem világos tartalmú, ezért nem érthető és megtévesztő kifejezések, a tudomány és ezen belül elsősorban a kémia jelentőségének a lejárására szolgálnak. Az egyik ilyen, eredeti tartalmától megfosztott, gyakran és sajnálatosan pejoratív kicsengéssel használt szó a *kemikália*. (Ez a fogalom ténylegesen valamilyen kémiai – de biológiai stb. – átalakításra /is/ használható, esetleg speciálisan előállított anyagot jelöl. A szakmai képben pedig az így nevezett anyagnak éppen nem az ártalmassága, hanem az **értékessége** jelenik meg! L. pl.: gyógyszerek, műanyagok stb. Hol vagyunk ma már a „műanyag” kifejezés, mint *pótszer* pejoratív kicsengésétől? L. pl.: a második világháború idején kényszerből gyártott pótkávé, műrost, műbenzin stb.)

Az anyagok (fizikai, kémiai, biológiai stb.) átalakulásai

Az anyagok mindig a legkisebb energiaállapot elérésére törekszenek, ezért van az, hogy minél alacsonyabb energiaállapotban van egy anyag, annál állandóbb, vagyis annál stabilisabb, tehát kevésbé hajlamos változni és átalakulni. Ezzel szemben, **minél energiadúsabb állapotban van egy anyagfajta, annál reakcióképesebb.** (L. pl.: a hidrogén- és oxigén-

gáz 2:1 térfogatarányú keveréke, a *durranógáz*.) A víz példájánál maradva: egyszerűen felfoghatatlan, hogyan lehet plazmáztatással¹ vízből gépkocsi üzemanyagot előállítani, vagyis óriási mennyiségű energia betáplálásával többlet-energiához jutni. (A Kossuth Rádió Vasárnapi Újság c. műsorában elhangzott hír.) Hiszen a vízmolekula rendkívül stabilis, vagyis nagyon alacsony energiájú állapotban van. Megbontásához nagy energiát kell befektetni (pl.: elektrolízis, 25 °C hőmérsékleten, a hidrogéngáz móljaira kiszámolva 237 kJ szükséges, aminek értéke azonban a feltételektől függően lényegesen változhat [3]), hogy az alkotórészekhez, a hidrogén- és oxigéngáz-molekulákhoz jusunk, miközben technikailag meg kell oldani a durranógázelegy-képződés elkerülését, vagyis térbelileg el kell választani a keletkező gázokat, ami pl. a tengervíz „fotoelektrolitikus” megbontásának egyik nagy problémája és megoldandó feladata. [4]

A körülményektől függően az anyag átalakulhat: (i) önmaga *fizikailag* (ki- vagy átkristályosodhat, megolvadhat vagy megfagyhat, elpárologhat vagy kondenzálódhat, fiziszorbeálódhat stb.), (ii) más anyaggal vagy anyagokkal kölcsönhatásba lépve *kémiailag/biokémiailag/elektrokémiailag*² elreagálhat (elektronok felvételével vagy leadásával, vagy kölcsönös átadásával/használatával). A kémiai és a biokémiai átalakulásokat – sokszor – akár csak igen kis mennyiségben jelenlévő anyagok is (pl. katalizátorok, enzimek) rendkívüli mértékben felgyorsíthatják. Ha az egyes folyamatok sajátosan élőlényekben vagy élő (biológiai) anyagok

¹ Az anyag negyedik halmazállapota, ami ionizált és magas (néhány ezertől több százmillió °C) hőmérsékletű gázállapotnak felel meg. [5]

² Az elektrokémiai folyamatok sajátos vonása, hogy a reakciók térbelileg elválasztva, tehát közvetlen találkozás és kölcsönhatás (pl. ütközés) nélkül alakulnak át úgy, hogy az egyik reakció az anódtérben elektronokat ad le, a másik pedig a katódtérben elektronokat vesz fel. Mivel az élőlények gyakran mikroelektrodok (pl. membránelektrodok) sokaságából épülnek fel, ezért különös jelentőségű és – sajnos – bizonyára közel sem kellően ismert még az emberi szervezetben komplex módon lezajló, bioelektrokémiai folyamatok mechanizmusa és sokfélesége.

révén következnek be, akkor biokémiai vagy (még általánosabban) biológiai átalakulásokról beszélünk.

(Éveken át a Kossuth Rádióban „csak a biológiailag erjesztett” ecet kiválóságát reklámozták, ma már megelégszenek csupán a „természetes”³ erjesztéssel készített termék hirdetésével.

A kémiai folyamatok („reakciók”) jellemzői és következményei

Fbben a közleményben ugyan nem részletezhetjük ezt a kérdéskört, de a cél érdekében mégis elkerülhetetlen néhány *kulcsfogalom* felvázolása.

A kémiai reakciók időbeliségével és mechanizmusával a reakciókinetika tana foglalkozik. Az időbeliséget a *reakciósebességgel*, vagyis az egységnyi idő alatt az egységnyi térfogatban (határfelületi folyamatok esetében pedig az egységnyi felületen) átalakult anyag mennyiségével (móljaival) fejezzük ki. A formális reakciókinetika függvénykapcsolatot állít fel a reakciósebesség, a reaktánsok (olykor pedig még a termékek) mennyisége (koncentrációja) és a reakcióidő között. Minél bonyolultabb egy kémiai folyamat, annál *többféle mechanizmussal* következhet be, tehát **egy kémiai reakció végbemenetelének eleve többféle útja lehetséges**, ami a reagáló anyagok állapotának, (sokszor még a termékekének is) mennyiségi viszonyainak, hőmérsékletének, nyomásának, az elektromos térerőnek, elektromágneses sugárzásnak, gravitációnak (l.: úrkutatások) stb. függvénye. Szerencsés esetben a különböző utak azonos termékekhez vezetnek, de *minél összetettebb egy kémiai vagy biokémiai folyamat, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a folyamat nem csak az elvárt irány-*

ban, esetleg irányokban, megy végbe, vagyis más végtermékek is keletkezhetnek!

A kémiai reakciók sebessége általában a *hőmérséklettel exponenciálisan* (tehát nagy mértékben) változik, aminek fokmérője az ún. **aktiválási energia**, amire – homogén gáz és folyadék reakciórendszerekben – a reaktáns-molekulák egy bizonyos hányada (olykor inert „harmadik testtel” való) ütközés következtében tesz szert, és így **termikusan** aktiválódik. A reakciópartner-molekulák az aktiválási energiát azonban más módon is felvehetik, pl.: elektromos úton (elektrolízis közben), vagy általában elektromágneses hullámok, vagy sugárzások (pl. fotonok), mikrohullám vagy ultrahang stb. révén.

A *heterogén rendszerekben*, a szilárd/gáz, a szilárd/folyadék és különösen a szilárd/gáz/folyadék **hármás határfelületeken** lezajló kémiai reakciók sebessége még bonyolultabban függ a vázolt paraméterektől. Mindenekelőtt azért, mert az ilyen rendszerekben a reaktánsok és a termékek, továbbá a hőmérséklet és nyomás stb. viszonyainak kialakulása („eloszlása”) **sokkal nagyobb mértékben függ a térbeli elhelyezkedéstől, vagyis a helyi adottságoktól**. A reaktánsmolekuláknak el kell jutniuk a reakcióterbe, egy-egy meghatározott ponthoz, hiszen értelemszerűen csak így tudnak reakcióba/kölcsönhatásba lépni, a termék-molekuláknak viszont onnan el kell távozniuk (vagy be kell épülniük), hogy a folyamat akadály nélkül, zavartalanul folytatódhassék. Ezért van az, hogy a heterogén kémiai reakciók előrehaladását – elsődlegesen – a térbeliség mellett – többnyire – **a diffúzió, vagyis az anyagmozgás sebessége határozza meg**.

Az egészséges életmódhoz az is hozzátartozik, hogy a szervezet anyagcseretermékeinek (általában és nem csak a kuruzslók által felkapott, többnyire csak ijesztésre szánt és használt „salakanyagok”) eltávolítására is kellő figyelmet fordítsunk, hogy felhalmozódás ne korlátozza a normális működést. *Nem elég tehát csak a bevitt, azaz a fogyasztott anyagok megfelelő összetételére* (növényi és állati eredetének

³ Ugyan mitől természetes a mesterségesen, (nagy-) iparszerűen végzett erjesztés? Jól ismert ugyanis, hogy az erjesztés biokémiai folyamat, tehát szegénységi bizonyítvány a biológiai jelző használata, hasonlóan ahhoz, mint amikor a befektetés helyett a szakértő „beinvestál”, vagy más esetben „beintegrál”. Netán tudományosabbnak tűnnek ezek a helytelen, műveletlenségről árulkodó szófordulatok?

megfelelő (vegyes) megválasztására, állapotára, kalória (energia)-tartalmára stb. figyelni.

Még sajátosabb a már érintett, heterogén elektrokémiai folyamat, mert egy **különleges reaktság, az elektron** közvetítésével akkor is bekövetkezhettek az ún. **redoxi reakciók**, amikor az egyes reakciópartnerek nem is találkoznak, sőt molekuláris értelemben nagyon messze vannak egymástól.

A különféle anyagi rendszerekben (l.: beton, talaj, növény stb.) sajátos és **többféle szerepet tölthet be a víz**, mert nemcsak reaktság, hanem oldószer és transzferközeg is lehet. (Az ionok vagy általában az anyagi részecskék mozgásának az elősegítőjeként, vagy mint a hővezetés és áramlás, valamint a /kapilláris és ozmotikus/ nyomás közvetítője). Nyilvánvaló, hogy **a biológiai rendszerekben is meghatározó fontosságú összetevő, ezért főszereplő a víz**, mert pl. mint oldószernek a relatív permittivitása (korábban dielektromos állandója = kb. 80) a hátfelületeken drasztikusan lecsökkenhet, aminek következtében az ionok elektrosztatikus kölcsönhatása (a Coulomb-féle erő fellépése) akár nagyságrendileg is megnövekedhet. Nem szabad elfeledkezni ugyanis arról sem, hogy **a biológiai rendszerek elektromosan töltött részecskéket (ionokat), sejt- vagy membránfelületeket tartalmaznak!** Ennek megfelelően részben az ionika, részben az elektrodika tárgykörébe is sorolhatók, sőt bizonyos esetekben az események (l. pl.: vértrombózis) értelmezéséhez a kolloidfizika és -kémia sajátos törvényeire is szükségünk van. [6, 7]

A kémiai egyensúly és a stacionárius egyensúly kialakulása, valamint megmaradásának feltételei

A kémiai reakcióegyensúlyt az oda- és visszasaalakulás dinamikus egyenlősége jelenti (l. pl.: elektród folyamatok egyensúlya, a Nernst-féle elektródpotenciál kialakulása stb.), vagy mint érintettük, a legalacsonyabb energetikai állapot egyúttal az anyagok legstabilisabb, tényleges egyensúlyi állapota is. Értelemszerűen a biológiai rendszerekben ilyen valódi egyen-

súlyok soha nem következhetnek be, **de az élet folyamatos fennmaradása** mégis bizonyos pszeudo- vagy általában stacionárius egyensúlyok valamiféle sorozatának eredménye, amelynek **feltétele az anyagtranszport és -átalakulás folytonos és gyakorlatilag hibátlan szabályozása.** (Ez az önszabályozás azért csodálatos, mert viszonylag széles határok között még pl. hőmérséklet- és nyomásváltozókat, valamint sav/bázis- és méreg hatásokat is **képes tompítani** „pufferelni”/ **és kivédeni.**) Mindez részben az évezredek során kialakult testfelépítésnek, részben pedig az ember ösztönös, szerencsés esetben pedig tudatos tevékenységének, életvitelének az összhangján /is/ múlik. Egészségünk fenntartásában nyilvánvalóan alapvetően fontos tehát, hogy minél jobban megismerjük testünk felépítését és működését (ez mindenekelőtt az iskolákon múlik!), továbbá hogy helyes táplálkozással és egészséges életmóddal segítsük elő ezt a csodálatosan szabályozott és vezérelt komplex rendszert, hogy minél kevesebb orvosi beavatkozással, gyógyszer bevétele nélkül is, minél hosszabb ideig zavartalanul élhessünk, és ne engedjünk visszaélni a tudományok nyújtotta lehetőségekkel.

Az emberi test mint sajátos biokémiai és bioelektrokémiai reaktor

Napjaink további nagy ellentmondása, hogy a természetgyógyászok az orvostan vagy általánosabban a tudomány törvényeivel, eszközeivel és ismereteivel – remélhetően csak egyelőre – megmagyarázhatatlan eredményt, az ún. placebohatást meghaladó mértékű gyógyítást érnek el, legalábbis csak a pozitív eredményt felmutató példák szerint. [8, 9] Hogyan lehetséges ez? **Határkőről** van itt szó, mert a tudományt felváltja a hit világa, a misztikum! (A negatív és káros, netán tragikus következményeket vajh' ki kéri számon?)

Az előzőekben azokat a fogalmakat törekedtünk bemutatni, amelyek segítségével az emberi testet, mint sajátos biokémiai és bioelektrokémiai reaktort foghatjuk fel, illetve írhatjuk le, több-kevesebb sikerrel „modellezhetjük” az em-

beri test működését. Természetesen nem vállalkozhatunk az emberi test felépítésének és bonyolult mechanizmusú működésének még a felvázolására sem, de talán mégsem kétséges, hogy az emberi test közel szilárd (pl. csontozat), pszeudoszilárd és amorf szövetek (izületek, inak, izomrostok és sejtek stb.), valamint különféle folyadékok (vér, sejt- és nyiroknedvek stb.) heterogén, de mégis egységes felépítésű, kiválóan összehangolt reakciórendszere, amelyben az életfenntartó folyamatok mindaddig „zavartalanul folynak”, amíg valami szokatlan hatás, rendellenes jelenség tünetei, betegség jelei nem jelentkeznek.

Érdemes azonban itt kitérni arra is, hogy bemutassuk: **ismereteink általánosításának komoly korlátai** vannak. Erről egy feladat megoldása segítségével adhatunk szemléletes képet. Ha testünk pl. „hőerőgép”-ként működne, akkor hány K fokú lenne az emberi test normális hőmérséklete, amennyiben a hatásfokot (η) – csak a példa kedvéért – 0,35-nek fogadnánk el? A *Carnot-féle ciklusra* (az ideális hőerőgépre) vonatkozó levezetés szerint (amelyre elméleti megfontolások alapján az $\eta < 0,40$ egyenlőtlenség érvényes):

$$\eta = (T_2 - T_1)/T_2.$$

Fogadjuk el, hogy környezetünk hőmérséklete állandó, éspedig $T_1 = 298 \text{ K}$ (azaz 25°C), és ekkor behelyettesítéssel és átrendezéssel kapjuk, hogy

$$T_1 = -298 = 0,35T_2 - T_2 = T_2(0,35 - 1,0) = -0,65T_2,$$

$T_2 = 298/0,65 = 458,5 \text{ K} = 185,5^\circ \text{C}$, ami nyilván ellentmond a mindennapi tapasztalatnak, hiszen testünk megszokott hőmérséklete kb. 37°C . Következésképpen **az emberi szervezet nem hőerőgépként dolgozik**, illetve nem így tartja fenn az életet. Ezért a benne zajló, rendkívül összetett biokémiai folyamatra bizonyára nem is alkalmazható pl. a kémiai reakciókra levezetett és itt röviden tárgyalt, ún. **aktiválási elmélet**. **A biokémiai reakciók energetikai szabályozása** tehát **más mechanizmussal**

történik, mint a szokásos kémiai reakcióké. (A kémiában is ismert, hogy az összetett kémiai reakciókban – főként nagymolekulájú termékek keletkezésekor, elsősorban sztérikus okokból, azaz térbeli elhelyezkedésből, kedvezőtlen „illeszkedésből” eredően – a hőmérséklet emelkedésével nemhogy növekedne, hanem éppen hogy csökken a folyamat sebessége. L. pl.: különféle polimerek előállításai.)

Utalunk itt napjainkban a visszaélésre kiterjedten használt, „kiagyalt” tévedésre, ami szerint létezne az energiának egy különleges fajtája, a **bioenergia**. Hogy ez tévedés, az a vázoltakból nyilvánvaló, hiszen **a biológiai rendszerekben az energiaátalakítás az, ami különleges, vagyis az energiahordozó táplálékok feldolgozása az egyedi és speciális, nem pedig a hő alakjában felszabaduló energia.**

Megjegyezzük, hogy az ismert energiafajták között a hő sajátos energiamegjelenési forma, mert a hőnek csak egy részét lehet hasznosítani, azaz munkára fordítani. (Korunk egyik nagy problémája, hogy kifogyóban vannak a fosszilis energiahordozók, a kőszén, kőolaj és földgáz, ezért került előtérbe a jövő ígéretes, másodlagos energiahordozója, a hidrogéngáz [10].) **A primer energiahordozók a villamosság (elektronok) és a fény (fotonok) viszont közvetlenül hasznosulnak.**

Érdemes arra is gondolni, hogy molekuláris szinten az emberi test hőmérséklete bizonyára nem egyenletes. A reaktánsok és termékek áramlása/mozgása a különböző testrészekben és szövetekben, nyirok- és vérérhálózatában stb. messze nem azonos sebességű, továbbá – molekuláris méretben – **energetikailag széles határok között változó szinten** lehetnek. Még sajátosabbak lehetnek az emberi szervezetben az elektrokémiai jellegű átalakulások, amelyek – az ionokhoz vagy a molekulaionokhoz képest – rendkívül gyorsan mozgó elektronok közreműködésével, speciálisan következnek be.

Ha az egyes szerveket, testrészeket vizsgáljuk, akkor mindenekelőtt nagy figyelmet érdemel a **tüdő**, amelyben (pszeudoszilárd/folya-

dék/gáz) *hármás határfelületen* zajlik az oxigén-molekulák (és – sajnos – az idegen és káros anyagok /l.: dohányzás és benzin égéstermékei stb./) *felvétele*, illetve a *szén-dioxid-molekulák leadása*, amely utóbbi önmaga is egy összetett kémiai/biokémiai reakciósor eredménye.

A tüdővel összefüggésben csupán utalunk két, jól ismert példára: az egyik a *borospincék ismételt előforduló, fulladásos balesete*, amikor a must erjedésének terméke, a *szén-dioxid* (CO_2), nagyobb sűrűsége („fajsúly”) folytán, kiszorítja a levegőt, és lassan, szinte észrevétlenül, viszonylag hosszú idő elteltével vezet tragédiához. Szerencsés, kellő időben történő észrevevéskor a baluljártat még meg lehet menteni: elegendő friss levegőre vinni a kábultat, ahol már „ki lehet öblíteni”, ki lehet szellőztetni a tüdőt. Szemben a másik **mérgeződési** esettel, amikor is a *tökéletlen égésterméknek*, a *szén-monoxidnak* (CO) a *belélegzése* csaknem kivétel nélkül végzetes, mert ekkor a CO molekulák kémiaiilag (erősen!) és gyorsan kötődnek meg a *vér hemoglobin-részecskéin*, ahonnan kiszorítják az életfenntartó, éspedig az élelmiszer-molekulák lassú „égését” tápláló oxigénmolekulákat. Ennek a folyamatnak a megfordítása, vagyis a szén-monoxid-molekulák oxigénné való visszacserélése viszont még gyors beavatkozáskor sem járhat sikerrel.

Hármás határfelületet jelent, vagyis a biokémiai reakciók sajátos helye a **bőr** is. Bizonyára nem véletlen, hogy **a tüdő után talán a bőr rákos megbetegedései a leggyakoribbak**. (Az ilyen határfelületeken a felületi erőkkel tartósabban rögzíthetnek az emberi szövetektől, az adott sejtektől idegen anyagok, és így a további káros elváltozást okozó, testidegen anyagfélésekkel való reakció bekövetkezéséhez hosszabb idő áll rendelkezésre, vagyis a folyamathoz szükséges, esetleg még más anyag(ok) odajutása és reakcióbalépés-lehetőségének az időtartama elnyúlhat, miáltal a nemkívánatos sejtburjánzás elindulására és folytatódására lehetőség nyílik.)

Természetesen a test fenntartásában a legfontosabb (ha egyáltalán lehet rangsorolni az

egy-egy szervet!) **a gyomor és bélrendszer**, amelyben kolloidális jellegű zagykeverékek, szuszpenziók és emulziók kémiai és biológiai (baktériumos, enzimes) átalakítása zajlik, de utalhatnánk még a *vér- és nyirokrendszerek*, a *máj*, a *vese* és általában a *kiválasztó szervek* molekuláris szintű, komplex működésére is.

Mikor jutunk el oda, hogy részleteiben is megismerjük, hogyan szabályozódik mindez **az idegrendszerrel, az agy- és gerincvelővel?** Megértjük és felfogjuk, hogy **milyen bonyolult redoxi rendszerként működhet az egész emberi test**, amelyben a rejtélyes felépítésű elektronok bizonyára meghatározóan fontos szerepet töltenek be. Pl.: esetleg egymástól viszonylagosan távoli helyeken is bekövetkező oxidációt (elektronleadást) és redukciót (elektronfelvételt) segítve elő, az emberi test egészében véve ugyan viszonylag és ténylegesen kis makrokonzentráció-változás hatására, ami *molekuláris szinten* azonban, a piciny és esetleg helyileg, többé-kevésbé elszigetelt reakcióterekben **rendkívül nagy is lehet**. /L.: az említett ppm-konzentrációegység!/).

A vázoltakból könnyű arra következtetni, hogy az emberi testbe bejutó, bármennyire is rákkelítő, sokszor és többnyire rendkívül kis koncentrációjú anyagok (l. pl.: a napjaink izgalmát okozó *dioxinok*) nem igazán jelenthetnek valós problémát. A véletlen és kis valószínűséggel bekövetkező események (reaktánsok speciális eloszlása, találkozása, reakcióba lépése stb.) egyidejűsége szükséges ahhoz, hogy egy káros góc *kialakulhasson*, de még további feltételeknek is teljesülniük kell, hogy a gócból káros és jelentős elváltozás, nemkívánatos sejtburjánzás következhesse be.

Különös figyelmet érdemelnek a most éppen egy évtizede bekövetkezett, *csernobili* atomreaktor-baleset következtében az érdeklődés homlokterébe került **sugárkárosodások** is. (L.: a *radioaktív sugárzások* hatására fellépő *sugárkémiai reakciók*, vagy általában az *elektromágneses sugárzások*, mint pl. a *fényabszorpció* következtében bekövetkező, *felbecsülhetetlen fontosságú fotoszintézis*, vagy

a még kevésbé ismert pl. magasfeszültségű vagy háztartási elektromos vezetékek, mikrohullámú kemencék, mobilis/ telefonok működése folytán fellépő sugárzások következményei). A veszélyt az jelenti, hogy ezek a sugárzások abszorbeálódhatnak (elnyelődhetnek) az emberi test egészében általában, vagy annak kitüntetett helyein, mind annak felépítésében (tartósan), mind az átalakulásban/anyagcserében (ideiglenesen) résztvevő anyagok molekuláiban, miáltal ezek **aktívabb állapotba gerjeszthetnek**. Mint említettük, a biológiai rendszerekben azonban többnyire nem érvényesül a kémiai reakciók aktiválási elmélete, ezért a gerjesztett molekulák csak további feltételek teljesülése esetében tudnak – esetleg – nemkívánatos biokémiai reakciókba lépni. Ezt a megállapítást az emberi test sugárzásálló-képességének sokirányú tapasztalata támasztja alá, mint pl.: a sugárdiagnózis és a sugárterápia gyakorlata, vagy ami az igen nagy energiájú kozmikus sugárzással, vagy a természetes eredetű radioaktív elemek (pl. káliumizotóp) hatásával szemben kialakult, illetve tapasztalható.

Nagyon sajnálatos, hogy időnként – ki tudja mi okból, milyen lobbierdekből – elhangzik egy-egy híradás, amit olykor felelőtlenül felkap a média, és napokig mindenütt „verik az üstdobot”, ezt hallhatjuk és láthatjuk úton-útfélen. (A már említett Alzheimer-kórnak az alumínium feldúsulásával történt magyarázatát jól ki tudta használni pl. az acéllobbi, minthogy a jól kitervelt reklám és propaganda eredményeként „informáltak”, a háztartási alumíniumeszközöket – rövid idő alatt és tömegesen – mérgegrága rozsdamentes acéledényekre stb.-re cserélték ki. Ugyanekkor ki törődött pl. az ivólétaskok alumíniumfólia-bélelésével, amiből e levek citrom-, borkő- és aszkorbin- stb. szerves savai, szállításkor és tároláskor (többnyire heteken vagy hónapokon át) bőségesen oldott formába vihetik át a fémalumíniumot... Hogy miért nem tapasztalható mégsem az ilyen ivólé- vagy dobozossör-fogyasztók körében jól azonosítható, tömeges megbetegedés, ennek magyarázatát már olvashattuk előbb.)

Napjainkban ismertté vált néhány további példa

Az érlelmeszedés egyik okozója, a **koleszterin** nagy figyelmet kap a laboratóriumi rutinelemzésekben. Sajátos azonban a koleszterinprobléma, tekintettel arra, hogy ez az anyag az emberi szervezetben is – viszonylagosan nagy mennyiségben – termelődik, továbbá hogy kétféle változata is létezik, amelynek egyike káros, a másika pedig hasznos. Nyilvánvaló, hogy önmaga a koleszterin nem okoz problémát. Az emberi test jól szabályozza ennek stacionárius állapotát, illetve keletkezésének és lebomlásának folyamatát.

Napjaink mindennapossá váló problémája, az **élsportolók doppingszer-használata** tulajdonképpen *határterületi* vagy *átfedési kérdésnek* fogható fel (l.: homöopátia) tekintettel arra, hogy az alkalmazott és esetleg vitatott *szteroidhormonok* egy része szintén termelődik az emberi testben. Értelemszerűen az (pl. születési) adottságoktól, az étellemezéstől, az edzettségi szinttől vagy általában a feltételektől is függ, hogy az adott mintában (a mintavétel vagy netán csak az analízis időpontjában) milyen szinten van a kérdéses és a tiltott anyagok listájára felvett ajzószer koncentrációja. **(Hol a határa annak, hogy a kiemelkedő eredményt felmutató atléta születési adottsága, vagyis testi felépítése, vagy tudatosan formált, saját belső és külső körülményei és feltételei, vagy edzettsége, étkezése és életvitale szabályozásával /ide férhet be pl. a teljesítménynyfokozó szerek használata is/ stb. folytán nyújt-e csúcsteljesítményt? Az elemzőkémia fejlődésével ugyanis lehetővé vált, hogy akár rendkívül kis mennyiségben is jelenlévő csaknem bármilyen anyagot meghatározzanak! Felkészültségen múlik tehát, hogy az alkalmazók vagy az ellenőrzők kerülnek-e előnybe. Egyre gyakoribbak lehetnek a határesetek, és azok megítélése sokszor kérdésessé is válhat.)**

Más okból, de a csaknem analógia folytán említjük ismét a **dioxint**, amelynek veszélyesnek vélt koncentrációhatárát rendkívül kis értékben adták meg, a szokásos, állatokon végzett,

független kísérletek eredménye alapján. (A veszély tényleges nagyságára vonatkozó észrevételt l.: előbb is!) Ugyanakkor aligha végeztek/ végeznek kiterjedt és rendszeres méréseket a legkülönbözőbb helyekről származó, forgalomban lévő különféle élelmiszerekben. (Az eszközök és módszerek költségessége, valamint az árak beláthatatlanul sokféle eredete miatt szinte reménytelen a tömeges ellenőrzés. L.: piaci primőrárak. Adott szakterületeken dolgozóknak természetesen mégis nagyon fel kellene figyelniük az ilyen híradásokra, talán még komolyabban kellene venniük az ilyen irányú ellenőrző tevékenységüket, de hogy rendszeresen ilyesmivel sokkolják napokig a híradásokban a lakosságot, és ezáltal torzítják a közvéleményt, az túlzás és teljesen értelmetlen, de talán fölösleges is. A bizonyára emlékezetes *paprikahamisításról* hónapokon át hallhattunk, olvashattunk, de hogy az ellenőrzésre hivatott szervek /ANTSZ, KERMI, Fogyasztásvédők stb./ miért nem fedték fel időben a problémát, és hogy az ellenőrzést elmulasztók felelősségrevonása megtörtént-e, nem tudhatjuk?/. Nem is részletezve a *borhamisítás* évtizedes nagyságrendű problémakörét!)

Sajnálatos pl. az is, hogy egy időben a *tejfogyasztástól* is riasztották a fogyasztókat, merthogy (úgy mondták) öt éves korra visszafejlődik a „tejfeldolgozó mirigyrendszer”. (A valóságban a lakosságnak csak néhány százalékát érintő probléma ez. A többség idős korában is problémamentesen fogyaszt tejtermékeket, hiszen az a szerv, amit folyamatosan használunk /1: izomzat, agy stb./, az csak sok más tényező összejártása következtében benuulhat meg, netán pusztulhat el.)

Napjaink valóban félelmet keltő és jogos felháborodást kiváltó problémáját az elhíresült természetgyógyász-centrumok orvosai okozták azzal, hogy *nem engedélyezett injekciókat csodaszerként alkalmaztak*, mégpedig busás haszonnal. (Valamikor a *sima desztillált víz* injekciózása volt a megtevesztés anyaga, ami önmaga is arról árulkodott, hogy a *viszsaélő nem volt tisztában*, vagy nem törődött az *izotóniás oldat* problematikájával, vagyis

hogy a *tiszta desztillált víz önmaga roncsolja a sejteket!* /L. pl.: az esővíz hatására felrepedő, felhasadó gyümölcsök, szőlőszemek./ Most viszont az ismeretlen vagy „eltitkolt” eredetű ampullás anyagok és alkalmazói voltak napokon át a tévé, a rádió és az újságok főszeplői. Mindez természetesen „a betegek érdekében” történt! Hol a határa a kuruzslásnak, a csodatevésnek és a haszonlesésnek?! A rendszerváltással párhuzamosan az országot megszállták és ellepték a csodatevők, a mágusok, kihasználva a demokrácia nyújtotta fellazulást és fellazítást. Miért és meddig tűrik az illetékesek a sok visszaélést? Miért van az, hogy mindig a „becsületes többség” a kárvalott /frisskeletű, „kisdéd” demokráciánk finto-raként!/?)

Akik 1999. augusztus 11-én átélték a *teljes vagy akár a csaknem teljes napfogyatkozás élményét*, és ezzel összefüggően pl. a tévéadásokban napokon át ránk zúdított ismeretanyag-halmaz – legalábbis egy részének – a birtokába jutottak, azok közvetlenül is meggyőződhetek – az ebben a cikkben is ismeretterjesztés céljából vázolt – természettudományos eredmények hasznosságáról. Még akkor is, ha a médiában némely esetben a magyarázat esetleg félreérthető vagy éppen téves volt. Mivel e cikkben foglalkozunk a *primer energia-hordozó fotonnal* is, ezért ezzel összefüggően említénénk egy negatív példát: félreérthetően a szem károsodását a *fény- és a „hőenergia” együttes* behatásával értelmezték. Az energia – a tárgyalt esetben – azonban kizárólag fotonok alakjában jut be a szembe, és a sejtroncsolódást valójában csak az elnyelt fotonok okozzák. (Említettük már, hogy a *hő az energiának nem teljes értékű alakja*. Az emberi testben vagy konkrétan a *szemgolyóban hőmérsékletként érzékelhető mennyiség* /1.: „kalorimetria”, és hogy molekuláris megoszlásban egy-egy pontban /mennyi a tényleges hőmérséklet?/, helyesen pedig mennyi az energiaszint, azt még becsülni sem könnyű! /Ezért lehet veszélyes és kockázatos pl. a *hőterápiás rákgógyítás*./ A foton közvetlen *energiahordozó*, és energiája $h\nu = hc/\lambda$, összefüggéssel kiszámítható, ahol

h a Planck-féle hatáskvantum, *v* a fény frekvenciája vagy rezgésszáma, *c* a fény sebessége és *λ* pedig a hullámhossza. Korábban a fotokémiában 1 mol foton energiáját, az einsteint mértékegységként alkalmazták, ami kissé elentmondásos, mert látszik a képletből, hogy értéke nem állandó, a hullámhosszal változik. Márpedig, milyen egység az, amelynek értéke nem állandó? Ennek megfelelően a rövidebb hullámhosszú UV-sugárzás /pl. a „kék fényé”/ károsító rákkeltő vagy általában öregítő, „degradáló” hatása jelentősebb, mint a nagyobb hullámhosszú fénysugaraké /a „vörös fényé”/. Említjük továbbá, hogy az SI-mértérendszerben a másik primer energiahordozó mértékegysége is az 1 mol elektron, szemben a régebbi 96 500 coulombbal.)

Összefoglalás

A 20. század és egyben az évezred végén sok jel mutat arra, hogy az emberiség hirtelen hangadói („fogadatlan prókátorai”) megtévesztik a közvéleményt. Az évszázadokon át elért tudományos eredményeket megkérdőjelezzik. Lebecsülik a természettudomány és benne az orvoslásban valóban csodálatra méltó eredményeit. („Mit ér mindez, ha az emberiség nem tud élni velük – mondta a minap tudományos testületünk elsőszámú vezetője –, az embereket meg kell tanítani használatukra”, amiben – véljük mi – a humán tudósoknak és a média művelőinek is **értőknek** és megértőknek, pozitív közreműködőknek és **nem ellenszenvet gerjesztőknek** kellene lenniük!)

Értelmes életet élhetnénk. Sajnos, ezt sokan és sokféle okból nem tehetik. A lehetséges egyik megoldásra, a felismerésre, az öntudatra ébredésre, a tudatos életvitelre szeretnénk serkenteni embertársainkat. Megdöbbentő, hogy a legkülönbözőbb trükkökkel becsapják talán éppen a legelesettebbeket, a betegeket. A vér-szemet kapott vámszedők nem riadnak vissza attól sem, hogy a tudomány fogalmaival és eszköztárával visszaéljenek, hiszen többnyire bün-

tetlenül tehetik meg. A megtévesztések sokfélesége jár ma busás haszonnal. Ez ellen minden eszközzel fel kellene lépni, ennek egyik legemberibb módja a **többszintű ismeretterjesztés**, amelynek célja a tudomány fogalmainak megértetése és elterjesztése annak érdekében, hogy ezekkel ne tudjanak visszaélni. Fontos tehát, hogy elfogadtassuk és felismertessük tudományos ismereteink értékét, hogy ezzel is egészségesebb életvitelre készítsük embertársainkat.

Irodalom

- [1] Swaddle, T.W., Salerno, J., Tregloan, P.A.: Aqueous Aluminates, Silicates, and Aluminosilicates, Chem. Soc. Rev. 1994, 319-325
- [2] Szalay T.: Mikor víz „a víz”? Természet Világa, 136, (6), 253 (1999)
- [3] Takehiko Takahashi: Solar – Hydrogen Energy Systems, Chapter 3 Water Electrolysis (1979), pp. 35-58 (1.: Chemical Abstract 92: 205807q)
- [4] Szalay T.: Vízből vizet – haszonnal: a durranógáz-elem, Élet és Tudomány, 1983, (43), 1354
- [5] Akadémiai Kislexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1990, 2. kötet, 438. oldal
- [6] Bockris, J.O'M., Drazic, D.M.: Electrochemical Science, Taylor & Francis LTD, London, 1972
- [7] Bockris, J.O'M., Shahed, U.M.: Surface Electrochemistry, A molecular level approach, Plenum Press, N.Y., London, 1993
- [8] Wiskamp, V.: Chemie und Gesundheit – Thema einer Projektwoche, Chem. Sch. 45 (5), 298 (1998)
- [9] Szalay T.: A kémiai (molekuláris) szemléletmód érvényesítése, A Kémia Tanítása, VII, (3), 3 (1999)
- [10] Szalay T.: Szivacs fémekből: A hidrogénakkumulátor, Élet és Tudomány, 1983, (16), 483

Dr. Széll Tamás

Az Avogadro-állandó és meghatározása kísérlettel

Bevezetés

A korpuszkuláris anyagok mennyiségének meghatározása az egyedi számlálással csak bizonyos méretnél nagyobb részecskék esetén célszerű. A nagyszámú kis részecskét tartalmazó anyagok mennyiségének kifejezésére tömegegységeket vagy térfogategységeket használunk. Balga dolog volna pl. cseresznyét, borsót, mákot vagy homokot darabszámként forgalomba hozni, ilyen esetben sokkal célszerűbb a m^3 , liter vagy kg, g használata. Nos, az atomok és molekulák mérete sok-sok nagyságrenddel kisebb a máknál, és így a részecskék megszámlálása gyakorlatilag kivitelezhetetlen. Ezért használja a kémikus a mól fogalmát is, amely sajátos kémiai egységként belekerült az SI-mértékrendszer hét alapvető egysége közé. Egy mól pontosan annyi részecske (szemcse, molekula, atom, ion, proton, elektron stb.), mint amennyi a szénatom $12,000 \text{ g}$ tiszta ^{12}C izotópban. Ez a szám közelítőleg $6,023 \cdot 10^{23}$, amely definíciószerűen konstans. (Természetesen ennek a számnak a megadottnál sokkal több tizedesjegye van, és azt egyre pontosabban határozzák meg.) A gyakorlatban a kémiaórákon a $6 \cdot 10^{23}$ kerekített érték is jól használható. A történeti érdekesség kedvéért említem meg, hogy német hatásra régebben hazánkban ezt Loschmidt-számnak nevezték, mert azt Avogadrotól függetlenül, bár valamilyen késéssel, Loschmidt is felfedezte. Amikor a IUPAC résztvevői a különféle mértékegységeket egységesíteni igyekeztek, abban állapodtak meg, hogy ezt Avogadro-állandónak fogják nevezni, de Loschmidt-re tekintettel L-lel jelölik.

A konstans fontosságát leginkább az is mutatja, hogy az csaknem minden kémiai számításnak közvetve vagy közvetlenül alapját képe-

zi. Ha pl. egy mól hélium 4 g , akkor tudjuk, hogy a héliumatom harmad olyan tömegű, mint a ^{12}C izotóp. Ez világos, ha meggondoljuk, hogy egyetlen atom hélium tömege úgy viszonylik egyetlen ^{12}C atom tömegéhez, mint L atom hélium tömege viszonylik L atom ^{12}C -tömegéhez.

Az Avogadro-állandónak több kísérleti meghatározása is ismert. Legpontosabbak a radioaktív és az elektrogravimetriás mérésekkel történnek. Egyik megoldás, hogy alfa forrásból eredő részecskéket adott idő alatt részecskeszámlálóval megszámlálunk, aztán az alfa részecskékből elektronfelvétellel képződő héliumgáz pontos tömegét megmérték, majd ebből a konstans kiszámítható. Ilyen mérések iskolai körülmények között, egy sor nehézség miatt, szóba sem jöhetnek. Másfelől azonban szükséges lenne valamiféle kísérleti módszer bemutatása, amelynek segítségével a számot közelítően meg lehetne határozni. A tanulók képzeletében az atomi világ méretei és az Avogadro-állandó óriás volta misztikus, és szinte felfoghatatlan. Ismert tény, hogy olyan dolgokat értünk meg könnyebben, amelyhez hasonlót már láttunk, tapasztaltunk. Így pl. fél- esetleg negyedszázal vastagság még elképzelhető, de annál kisebb méret bizony már nem. Más kérdés, hogy kisebb méretek létezése azért elfogadható, ha nincs is róla szemléletes képünk. A konstans olyan hatalmas szám, amely szintén nehezen fogható fel. Sokat segítenek a megértésben a szemléletes hasonlatok, pl. ha megpróbáljuk elképzeltetni a következő gondolatkísérletet: kb. egy pohár vízben levő vízmolekulák száma $6 \cdot 10^{24}$ db (180 cm^3 , azaz 180 g vízben 10 mól H_2O -molekula van.). Feltesszük, hogy egy molekula 1 mm^2 nagyságú, amennyiben ezeket a molekulákat milliméterpapír egy-egy négy-

zetére helyezzük, úgy egy milliméterpapírral burkolt útból közel 10 ezer km szélességű útra volna szükség ahhoz, hogy a Földről a Napig eljutva minden mm^2 -re egy vízmolekula kerüljön. Ez, de még sok egyéb ismert analógia is igen hasznos, mert a tanulók képzelőerejét megfogja. De ennél talán még hasznosabb egy kísérlet, mert ez sokkal jobban kötődik a valósághoz is.

Az alábbiakban ismertetni fogok egy egyszerű eszközökkel végrehajtható, könnyen megérthető kísérletet, amellyel közelítőleg megbecsülhető az Avogadro-állandó. Majd egy mérést is ismertetek, amely 40-50 perc alatt megvalósítható. Mindkettőt több mint 15 éven át alkalmaztam 14 és 17 éves diákok kémiaóráin. Ezeket nemcsak bemutattam, hanem mindegyikét a tanulók is végrehajtották, és ennek során azt tapasztaltam, hogy a konstans megértésében, fel fogásában ezek jelentős segítséget jelenthetnek.

Avogadro-konstans közelítő meghatározása monomolekuláris filmmel

Ha sikerül valamely vízzel nem elegyedő, annál kisebb sűrűségű anyag ismert mennyiségét egy edényben levő víz felszínén monomolekuláris filmmé (hártyává) szétteríteni, akkor a film területéből következtetni lehet annak vastagságára is. Ebből a molekula mérete, majd a konstans közelítő értéke könnyen kiszámítható. Erre az egyik alkalmas anyag az olajsav ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$), mert igazolták, hogy ez úgy terül ki a víz felszínén, hogy a kialakuló film monomolekuláris. A film nagyságának célszerű határok közé szorítása végett $0,05 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ töménységű oldatból elég néhány csepp. Oldószernek legjobb a n-pentán, de ha ez nincs, akkor a petroléter is megfelel, feltéve, ha 45°C -nál magasabb forráspontú komponenst nem tartalmaz. (Ez előzetes desztillációval elérhető.) Ebből az oldatból a vízfelszínre ejtett csepp előbb szétterül, majd összehúzódik. Az utóbbi a párolgás miatt következik be. A folt körvonala meglehetősen szabálytalan, amelynek a területét így nem könnyű meghatározni, bár milliméterpapírból kivágható egy, a folttal azonos alakú papír, amelynek megmérése megadja a folt területét. Célszerűbb és gyorsabb, ha a víz

felszínére előre elhelyezünk egy kör alakú „elválasztó keretet”, és abba addig csepegtetünk, amíg azt ki nem töltjük. Ekkor a terület kiszámításához elég csak az átmérőt megmérni. Legjobb elválasztó egy hosszú emberi hajszál, vagy esetleg pamutcérna. A nejlon lipofilfelülete miatt kerülendő, de más műszálak sem váltak be. Ügyelni kell, hogy ne hogy túlادagoljuk a cseppekkel a keretet, mert akkor nem lesz monomolekuláris a film.

Előkészületek: $0,05 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ töménységű olajsavoldat elkészítése. Célszerű töményebb oldatból kiindulni, majd azt hígítani. Az oldószerként használt pentánra ügyeljünk, mert tűzveszélyes, tartsuk távol nyílt lángtól, és az üveget mindig tartsuk bedugva.

Kalibrálni kell a pipettát vagy cseppentőt, amivel majd cseppentünk. A továbbiakban azt kell megmérnünk, hogy hány csepp oldat tesz ki 1 cm^3 -t. Egy 10 cm^3 -es mérőhengerbe csepegtessünk jelig, majd ebből kiszámíthatjuk az 1 csepp térfogatát. A töménységből és a cseppek számából meghatározható az olajfolt tömege.

Mérés: Alakítsunk kört egy hajszálból, de ne közösleges csomóval erősítsük össze végeit, hanem vitorlacsomóval! (1. ábra) A csomóból kiálló végeket hajlítsuk felfelé! Adjunk cseppenként olajsavoldatot a kalibrált pipettából – számolva a cseppeket –, mindig megvárva, míg az összehúzódás befejeződik (kb. 1 perc). Addig csepegtessünk, míg a körben kialakul a filmréteg. Ceruzaheggyel segíthetjük, hogy a „hajszálkorlát” közel kör alakú legyen (2. ábra). Túl azon, hogy a foltot megfigyeljük, úgy is meg lehet győződni arról, hogy elegendő voltak-e a cseppek a kör kitöltésére, hogy azt ceruzavéggel kívülről óvatosan megnyomjuk. Ha a cseppek száma elég volt, akkor csak kis behorpadás észlelhető, és az egész kör a felszínen eltolható. A túlادagolás azonban szintén meghamisítja az eredményt. Ha pamutcérnát használunk, akkor azt előzetesen gondosan csapzssírral vízlepergetővé kell tenni, majd a felesleges zsírt le kell törölni, mert máskülönben a cérna elmerül. Haj vagy cérna nélkül is kivitelezhető a kísérlet, de a tapasztalás szerint az eredmény pontatlanabb. Ilyenkor a víz felületét lehetőleg könnyen meg kell hinteni talkummal vagy kénporral. A csepp úgy képez kör alakú foltot, hogy eltaszítja

a porszemcséket. A terület meghatározása ebben az esetben nehezebb. Oldószerként alkoholt is használhatunk, mert ez párologással és a vízzel történő elegyedésével ugyancsak eltávozik az olajsavoldatból. A vízbe került alkohol azonban módosítja a víz felületi tulajdonságait, ezért célszerűbb a pentán használata.

Tipikus mérési adatok: a pipettavégtől vagy a cseppentőtől függően 25-105 csepp tesz ki 1 cm^3 -t. A körátmérő 10-13 cm. A terület kitöltéséhez szükséges cseppek száma 8-14. A nyert film vastagságának nagyságrendje 10^{-7} cm .

Hibaforrások: az oldat készítése, a pipetta kalibrálása, a térfogat leolvasása, valamint a terület átmérőjének mérése. Hibát okozhat még az elégtelen vagy a túladagolás is. A céna vagy a haj is adszorbeálhat valamennyi olajsavat. Hibaforrás még az a feltételezés (lásd később), hogy a molekulák kocka alakúak, valójában a hosszú szénlánc miatt azok inkább hengerre hasonlítanak. Ha a 10^{23} nagyságrendet megkapjuk, akkor már jól dolgoztunk.

Számítás:

1. Számítsuk ki egy csepp oldat térfogatát! A kalibrációnál kapott térfogat elosztandó a cseppek számával. (cm^3)
2. Számítsuk ki az egy cseppben levő olajsav térfogatát, az eredeti oldat töménységét az 1 cm^3 -t kitevő cseppek számának ismeretében!
3. Az egy cseppben levő olajsav térfogatát szorozzuk meg a terület kitöltéséhez alkalmazott cseppek számával, hogy megkapjuk a területet képező olajsav térfogatát! (cm^3)
4. Számítsuk ki az olajsavolt területét! (cm^2)
5. Számítsuk ki a film vastagságát úgy, hogy felosztjuk a területet kialakító olajsav térfogatát a folt területével! (cm)
6. Számítsuk ki egyetlen olajsav-molekula térfogatát úgy, hogy feltételezzük azok kocka alakját! Ez a térfogat azonos a film vastagságának köbével! (cm^3)
7. Számítsuk ki egy mólnyi olajsav térfogatát úgy, hogy elosztjuk annak móltömegét sűrűségével: ($282/0,888 = 317,7\text{ cm}^3$)!

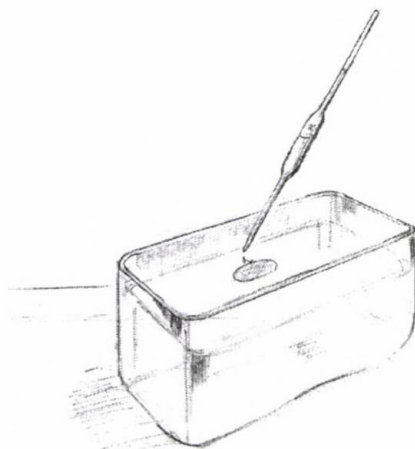
8. A 7. alatti értéket elosztjuk a 6. alatti eredménnyel, megkapjuk azt a számot, hogy hány olajsav-molekulából áll egy mól olajsav, vagyis az Avogadro-állandót.

Példaként tekintsünk egy kísérletet, amelynek során 50 csepp oldat tett ki 1 cm^3 -t, a $11,5\text{ cm}$ átmérőjű terület kitöltéséhez 12 cseppre volt szükség, $0,05\text{ g/dm}^3$ töménységű oldatot használtunk. Az egyes adatok így alakulnak:

1. $1/50\text{ cm}^3 = 2 \cdot 10^{-2}\text{ cm}^3$
2. $(0,05 : 1000) \cdot (2 \cdot 10^{-2})\text{ cm}^3 = 1 \cdot 10^{-6}\text{ cm}^3$
3. $10^{-6} \cdot 12\text{ cm}^3 = 1,2 \cdot 10^{-5}\text{ cm}^3$
4. $(5,75)^2\text{ cm}^2 = 104\text{ cm}^2$
5. $\frac{1 \cdot 10^{-5}}{10^{-2}}\text{ cm}^3 = 10^{-7}\text{ cm}$
6. $1 \cdot 10^{-21}\text{ cm}^3$
7. $3,2 \cdot 10^2\text{ cm}^3$
8. $\frac{3,2 \cdot 10^2}{1 \cdot 10^{-21}} = 3,2 \cdot 10^{23}$



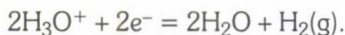
1. ábra



2. ábra

Avogadro-állandó meghatározása víz elektrolízisével

A jól ismert Hofmann-féle vízbontó készülékben (nevezik voltaméternek is) a víz elektrolitikus bontása során oxigén és hidrogén fejlődik. Utóbbi gáz a katódon úgy képződik, hogy a vízben jelenlevő hidroxónium-ionok elektronokat vesznek fel (redukálódnak):



Ha ismert anyagmennyiségű hidrogént fejlesztünk, és az ehhez szükséges elektronokat „megszámláljuk”, akkor az Avogadro-állandó kiszámítható. A fenti egyenletből látható ugyanis, hogy minden mól molekuláris hidrogéngáz fejlődéséhez 2 mól, (azaz 2L számú) elektronra van szükségünk, és n mól hidrogén előállítása esetén a felhasznált elektronok száma z ; a következő összefüggésből adódik:

$$z = n2L,$$

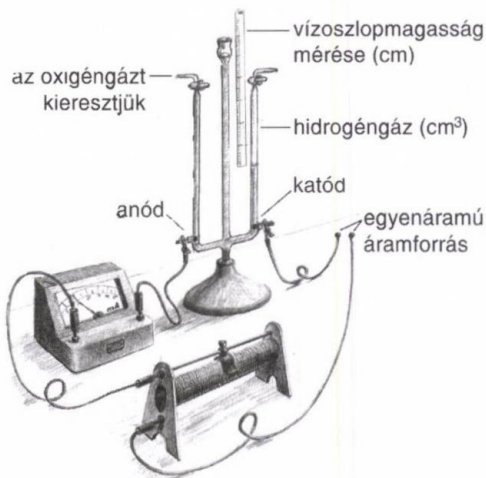
és

$$L = \frac{z}{2n}.$$

Nincs akadálya annak, hogy a képződő hidrogéngázt kifejezzük mólokban, és annak sem, hogy a folyamatban részt vevő elektronokat egyszerűen megszámoljuk. Ez utóbbi ampermérővel és stopperrel történhet, hiszen minden amper, definíció értelmében, másodpercenként 1 coulombnyi áramnak felel meg. Adott időtartam alatt így ismert a coulombok száma, és ha ismerjük az elektron töltését, amely $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb, akkor ismerjük az átfolyt elektronok számát is. Ezen alapul ez a 45-50 perc alatt elvégezhető, egyszerű és jól bevált mérési módszer.

A mérés: a Hofmann készüléket 24-30 órával a kísérlet előtt egészen feltöltjük vízzel, amelyhez, annak vezetőképességének növelése érdekében, annyi kénsavat adtunk, hogy az kb. 0,5-1%-os legyen. Ezen idő alatt a víz felveszi a szobahőmérsékletet. Készítsünk a készülék mellé egy főzőpoháryi vizet arra, hogy ha vizet kell pótolni, akkor azonos hőmérsékletű víz álljon rendelkezésünkre! A mérés megkezdésekor összekötjük az elektródokat valamely egyen-

áramforrás sarkaival, és közbeiktatunk egy szabályozható (pl. toló vagy toroid) ellenállást, valamint tized amper pontosságú árammérő műszert (3. ábra). Miután zárjuk az áramkört, és 4-5 percig hagyjuk a gázfejlődést zavartalanul, ezalatt a víz telítődik a gázokkal, miután már számottevő mennyiséget nem képes feloldani. A gázok oldódása a mérésben a térfogat leolvasását meghamisítaná, ezután megszakítjuk az áramkört, majd kiengedjük a fejlődött gázokat, természetesen előtte a térfogatát leolvassuk, megmérjük a víz hőmérsékletét is, szükség esetén pótoljuk az elbontott vizet, majd újra bekapcsoljuk, egyidejűleg a stopperóra megindításával kezdjük el a mérést. Közben ellenőrizzük, és az ellenállás állításával szükség esetén korrigáljuk, hogy állandóan 0,1 A-t mutasson. Mérés közben leolvassuk a barométert is (B). A vízbontást kb. 30-60 percig, de pontosan ismert ideig folytatjuk. A stoppert akkor állítjuk le, amikor az áramkört megbontjuk. Ekkor a víz hőmérsékletét újra megmérjük, s ha eltér az eredetitől, akkor a továbbiakban a két mérési eredmény számtani átlagával számolunk. Az oxigéngáz kiengedése után megmérjük, illetve kiszámítjuk a hidrogéngáz térfogatát és nyomását. (A cm^3 -ben leolvasott térfogatát átszámítjuk dm^3 -be. A gáz nyomásával egyensúlyban lévő vízoszlopot a készülék középső csővéen vonalzó segítségével mérhetjük meg. Ezek után már nincs akadálya annak, hogy az $L = z/2n$ ösz-



3. ábra

szefüggéssel az L értékét kiszámítsuk. A felvett elektronok száma (z).

$$z = \frac{\text{Mérési idő (s)} \cdot \text{átfolyó áram (C} \cdot \text{s}^{-1})}{\text{Az elektron elemi töltése (C)}}$$

A hidrogéngáz móljainak számát (n) megkapjuk az egyetemes gáztörvény alapján:

$$n = \frac{pV}{RT}$$

A kifejezésben a p a vízgőzt nem tartalmazó száraz hidrogéngáz nyomása, míg V a leolvasott térfogat dm^3 -ben.

$$p = (B + p_{\text{hidrosztatikai nyomás}} - p_{\text{H}_2\text{O}})$$

I. A $p_{\text{H}_2\text{O}}$ adott hőmérsékleten a telített vízgőz parciális nyomását, amely adat táblázatban megtalálható (pl. $p_{\text{H}_2\text{O}} 25^\circ\text{C} = 3,1675 \text{ kPa}$, B pedig a légköri nyomás, amely barométeren leolvasható.

A víz átlaghőmérséklete: $25^\circ\text{C} (= 298 \text{ K})$

Alkalmazott áramerősség: $0,096 \text{ A}$

Hidrogén térfogata: $43,4 \text{ cm}^3 = 43,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

Mérés időtartama: $60,0 \text{ perc} = 3600 \text{ s}$

Telített vízgőz nyomása (táblázatból): $3,1675 \text{ kPa}$

Hidrogéngáz nyomásával egyensúlyt tartó vízoszlop

magassága $35,9 \text{ cm} = 0,359 \text{ m}$

Légköri nyomás $101,3 \text{ kPa}$

$$p = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{mP}} \cdot 9,810 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,359 \text{ m} =$$

$$= 3,5218 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 3,5218 \text{ kPa}$$

$$\frac{101,3 \text{ kPa} + 3,5218 \text{ kPa} - 3,1675 \text{ kPa}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}} \cdot 298 \text{ K} \cdot V =$$

$$= 41,0298.$$

$$n = 41,0298 \cdot 0,0434 \cdot 10^{-3} = 1,7807 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n = \frac{(101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} + 3,5218 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 3,1675 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \cdot 43,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}$$

$$= 1,7807 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

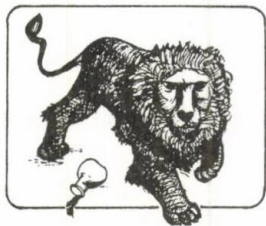
$$L = \frac{z}{2n} = \frac{2,16 \cdot 10^{21}}{2 \cdot 1,7807 \cdot 10^{-3}} = 6,06503 \cdot 10^{23}$$

A kapott L érték jó egyezést mutat a kerekített ($6,0 \cdot 10^{23}$) értékkel.

Gondolkodó és jó megfigyelőképeségű tanulók valószínűleg észreveszik, hogy a fejlődött hidrogéngáz térfogata nem pontosan kétszerese az oxigéngáz térfogatának. A jelenség fő oka az, hogy a szóban forgó gázok különböző fokban térnek el az ideális állapottól. Ez főként a paramágneses, nagyobb méretű és tömegű oxigénmolekulára jellemző. Megjegyzendő még, hogy valamelyes utóoldódásra (az előzetes telítés ellenére) is sor kerül, miközben a két gáz vízdékonysága eltérő. Az a tanulói felvetés is felbukkanhat, amely azonban hibás, hogy ti. a savanyításra hasznát kénsav megnöveli a vízben a protonok számát, és így a hidrogéngáz térfogatát. A szulfácionok mintegy visszaszerzik a protonokat a víztől, és a hátramaradó hidroxil-ionokból víz és oxigén képződik az anódon. A mérés hibák a különféle helytelen leolvasásokból adódhatnak (térfogat, vízoszlopmagasság, hőmérséklet, barométer, ampermérő, stopperóra), de nem elhanyagolható az sem, hogy reális gázokkal van dolgunk. Utóbbi hibát a van der Waals egyenlet felhasználásával valamiképp redukálni lehetne. Hibát követhetünk el azal is, ha az alkalmazott áramerősség ingadozik, ez ha kellő körülményekkel végezzük a mérést a zseblámpaelemeknél erősebb áramforrások esetében nem következik be.

Irodalom

- [1] A. Tompson és Lambros Atteshilis: Advanced Practical Chemistry John Murray kiadás, ISBN 0 7195 4188 (1985)
- [2] T. Széll, D. Dennis, J. Jouas és M. Wong: J. Chem. Educ. 57, 10 735 (1980)
- [3] W. Atkins: „Physikal Chemistry” W. H. Freeman and Co., New York (1978)
- [4] H. R. Christen, „Einführung in die Chemie” Diesterweg Salle kiadás Frankfurt (1971)



OROSZLÁNKÖRMÖK

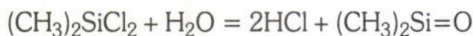
Deák Csaba – Farkas Máté – Zsuffa János

(Felkészítő tanár: H. Fodor Erika)

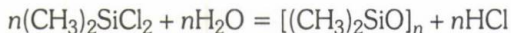
Tovább is van, mondjam még?... (A szilikon világsikere)¹

Bevezetés

A szilikonokkal kapcsolatban számtalan érdekességgel találkozunk. Legnagyobb megdöbbenésünkre kiderült, hogy tulajdonképpen **nem is SZILIKON**-ról van szó!!! Ahhoz, hogy ezt az ellentmondást megértsük, meg kell ismerkednünk a vegyület előállítási reakciójával.



A fenti reakciót az angol Kipping végezte el 1923-ban, és a keletkezett új anyag molekuláját a dimetil-ketonnal $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$ (közönséges néven acetonnal) analóg szerkezetűnek képzelte, ezért adta neki a szilikon nevet. A későbbiekben kiderült, hogy nem egy ilyen egyszerű, néhány atomos molekuláról van szó, hanem egy **polimerről**. Az előbbi hidrolízis valójában így játszódik le:



n értéke akár több tízezer is lehet. Az ilyen típusú térhálós polimereket, talán a **hagyomány**, talán a könnyebb kiejthetőség kedvéért, továbbra is szilikonoknak nevezzük.

A tudománytörténetben nem először fordul elő, hogy a „felfedező” **nem ismerte fel** az új

anyagban rejlő **lehetőségeket**, hiszen még 1937-ben is így nyilatkozott: „A szilikon területén jelentős előrelépésre nincs lehetőség!” (Ugyanebben az időben Rutherford is hasonlóképp szkeptikus volt az atommagban rejlő energia kinyerésével kapcsolatban – mindketten nagyot tévedtek.)

Amerikában azonban az üvegipar felfigyelt a hőálló, hideget, meleget egyformán tűrő, kiváló elektromos szigetelő tulajdonsággal rendelkező térhálós szerkezetű Si alapú műanyagra.

Az 1. ábrán látható grafikon összehasonlítja a hagyományos műanyag és a szilikon termelésének változását az 1920-as évektől napjainkig.

Látható, hogy a szilikonok termelése az 1920-as években csekély mennyiséggel indul. A grafikon igazán meredekké a háborús években /1940-1945/ vált. A növekedés töretlen, a **szilikon világsikere folytatódik**. „Utoléri-e” mennyiségben a hagyományos műanyagokat? Ez nem valószínű, a műanyag előállítása jóval olcsóbb, ezért azt sokszor „tömegáruként” használják, (pl.: csövek, edények stb.) míg a szilikonokat általában speciális célokra, gyakran egyedi eszközökkel állítják elő. Magyarországon már az 1950-es években bekapcsolódott a szilikon-gyártásba, sőt meg is reformálta azt, egyszerűbbé, olcsóbbá téve az eljárást. **Újításuk** lényege az volt, hogy a folyamatban addig csak oldószerként használt orto-kovasav etoxi-

¹ Elhangzott a Pécsi Kémikus Diákszimpóziumon 1999-ben.

észtert reagensként is felhasználták. A módszer kidolgozásáért Lipovetz Iván, Proszt János és Nagy József **Kossuth-díjat** kaptak **1953-ban**.

Honfitársaink ma is élen járnak a kutatásban, új eljárások bevezetésében, gyakran vesznek részt nemzetközi projektekben.

A 2. ábrán látható kördiagramról leolvashatjuk, hogy az alkalmazási terület igen széleskörű. A felhasználási lehetőségek száma évről évre dinamikusan növekszik.

Szilikon a gyógyászatban

Fő előadásunkban részletesebben a szilikonnak a gyógyászatban betöltött szerepéről szólnunk, de megemlítenénk jó néhány más olyan területet is, ahol szilikonokkal találkozhatunk.

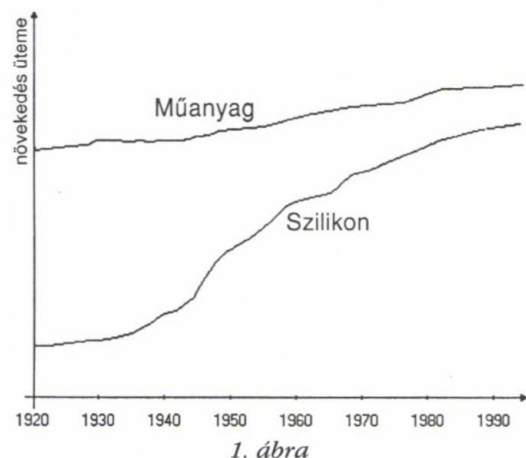
Implantátumok

Előnyök:

- nem rákkeltő
- nem allergén
- nem toxikus
- a szövetek nem tudnak ráépülni, noha szövetbarát
- STABIL

Hátrány: pl.: egyes lipideket a felületén adszorbeál: magas vérsírszinttel rendelkező egyénnél kockázatot jelent a szilikon szívbillentyű beültetése, hiszen az az előbbiek miatt folyamatosan vastagodhat, elzárhatja a véráram útját.

A mindennapi életben a leggyakrabban a különböző implantátumokról (ezalatt az állandóra vagy ideiglenesen a szervezetbe kerülő



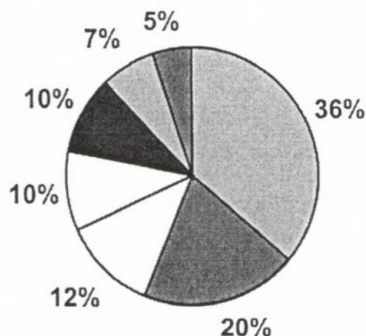
1. ábra

szilikonként értjük) hallunk. Ezek legtöbbször szilikonkaucsukból készülnek. Közülük mutatunk be néhányat (diaképek):

- bőrexpenderek (bőr nyújtására, tágitására szolgáló ballonok)

A berendezés egy vékony csőből és egy ahhoz kapcsolódó tartályból (ballonból) áll. Ezt a bőrt alá helyezik el. A cső másik vége a bőrfelszínen van, ebbe kb. napi rendszerességgel újabb és újabb, de csekély folyadékmennyiséget pumpálnak. Ennek következtében a ballon térfogata nő, és a fölötte lévő bőr tágul. Az eszközt elsősorban égési sérülteknél alkalmazzák, de ilyen módon alakítanak ki „üreg” a mellamputált betegeknél is. Ide kerül majd a mellimplantátum.

- járomcsont implantátum (erre akkor van szükség, ha a járomcsont szilánkosan törik pl.: bokszt baleseteknél)
- hörgőprotézis (ezek a csövek a rákos beteg sugárkezelt, összeesett hörgőit támasztják ki, így biztosítják a továbbiakban is a légzőrendszer folyamatos oxigénfelvételét)
- T-alakú gégecső implantátum (gégemetzéseskor használatos)
- flexibilis könyökízület implantátum (egyes sérülések után a fájdalommentes hajlítást biztosítják)
- fül implantátum (birkózás, fülzsongatás)
- drainaszok (gyulladás dobhártyán túli váladékok elvezetésére szolgáló „csövecskék”, egyszer használatosak)



- Szilikonkaucsuk- és műanyagipar (GYÓGYÁSZAT)
- Textilipar
- Építőipar
- Gépjárműipar
- Villamos és elektronikai ipar
- Papíripar
- Egyéb

2. ábra

- koponya implantátum (főként közlekedési balesetekkor használatos, egyedi tervezést igényel, ezt gyakran a BME-n készítik)
- koponyán ejtett furatok befedésére szolgáló gombfej (agyműtét után használatos)
- géllal töltött mellimplantátumok (az érdeklődés homlokterében vannak)

A tudomány mai állása szerint a jó minőségű, jól behelyezett szilikon nem okoz gondot. Problémát az jelenthet, ha a géllal töltött implantátum szivárogni kezd. A „régigélek” egyértelműen kárt okoznak a szervezetben, ezért újabban fiziológiás sóoldatot használnak töltőanyagként. (Ez azonban nehéz, mint a „só”) A tudósok már megtalálták a megfelelő szövetbarát, szivacsos anyagot, most már csak az ellenérdekeltektől kellene meggyőzni. Mindnyájan hallottunk a márciusban elhunyt modellről, (mellbőség: 175 cm!!!) aki a súlypontáthelyeződés miatt rendszeresen orra bukkott, továbbá fekve, a nagy nyomástól lélegezni sem tudott, neki talán szilikon agyra lett volna szüksége? A sorozatos műtéteket elvégző, „műembert” létrehozó orvosok felelőssége azonban vitathatatlan!

- shuntok

Mit mérnek, miért mérnek a Shunttel?

A **shuntok** tulajdonképpen **szelepek**, amelyek tetszőleges átmérőjű vékony szilikoncsovekhez csatlakoznak. Ezeket akkor használják, ha valamilyen betegség vagy baleset folytán a szervezetben folyamatosan káros folyadékok keletkeznek. Ezeket a csöveket beültetik, és a felesleges folyadék a gyomorba jut. (A szelepek a funkciótól függően egy vagy két irányban eresztetik át a folyadékot.) Leggyakrabban az ún. agyvizet vezetik be a gyomorba. Az agyvizet a nyomáskülönbség „hajtja át” a shuntön.

Mielőtt a shuntöt (egyedi gyártást igényel) a betegbe helyezik, annak kapacitását bemérik. A mérőberendezés két része között lévő hidrosztatikai nyomáskülönbség szimulálja a szervezetben lévő helyzetet. (Az egyik edényből jut át a folyadék a csövön keresztül a másikba.) A mérési eredményeinket grafikonon rögzítettük, a grafikon az áteresztett folyadék térfogatát ábrázolja a nyomás függvényében, nem meglepő, hogy a grafikon a mérési hibákon belül lineáris lefutású. Kivéve a kezdeti szakaszt, ugyanis a shunt csak egy bizonyos nyomáskü-

lönbség elérése után engedi át a vizet (500 Pa). Miért kell minden shuntön bemérést végezni? Azért, mert ezeket méretre, a műtött vagy beteg személy részére egyedileg manufaktúrális módszerekkel készítik, és ellenőrzik, hogy nincs-e szűküllet vagy dugulás a csövön.

Szilikon shuntök nélkül régen az ilyen problémákat nem tudták orvosolni, hiszen az ilyen célú eszközök általában szepszist okoztak, és egyébként sem voltak képesek követni a test mozgását (rövidesen a beteg meghalt).

Mit gyártottunk, mit mértünk a Műszaki Egyetemen

Fgy őszi nap elindultunk az iskolánkból, hamarosan magérkeztünk a Budapesti Műszaki Egyetemre, ahol a Szervetlen Kémiai Tanszéken Nagy József professzor úr nagyon kedvesen fogadott minket, mi meg csak megszeppenve álltunk a sok ismeretlen eszköz, berendezés láttán.

A későbbiekben elméletben és gyakorlatban egyre többet tudtunk meg a szilikonokról.

Saját termékeink

Az érme: Az önthető szilikonkaucsukot a legkülönbözőbb célokra használják a világon. Előnye, hogy ha leöntünk vele egy tárgyat, és megvárva a száradást levesszük annak felületéről, a tárgyunk tökéletes negatívját kapjuk vissza, majd ezt kiöntve egy másik anyaggal, az eredeti tárgy másolatát készíthetjük el. (Ld. a koponya implantátumot) Mi az egyetemen érmék negatívját készítettük el ezzel a módszerrel. Az érmét betettük egy kis tálkába azzal az oldalával felfelé, amelyikről a mintát akartuk venni, majd ráöntöttük a folyékony szilikonkaucsukot. Miután ez megszilárdult, lefejtettük a pénzről, majd a negatívot kiöntöttük gipsszel és viasszal. **De mi mindenre lehet jó ez a módszer?** Ilyen eljárást alkalmaznak pl. **fogorvosi rendelő**kben, ahol az önthető szilikonkaucsukot levonati anyagként használják, sokszor készítik el egy **szobor** mását is ilyen módon, illetve régészeti feltárásokor is használják ezt a módszert, ha valamilyen nagyon sérülékeny, **azonnal széteső lelet** kerül elő.

A vezetőgumi: Gumi, ami vezet? Igen. Ennek oka, hogy acetilén kormot töltenek bele, és így a korom vezetővé teszi, mert annak szemcséi grafit mikrokristályokat tartalmaznak. Felme-

rülhet a kérdés, nem lehetne-e korom helyett valami mást beletenni, pl. közönséges grafitot. A válasz: NEM. Az egyszerű grafit nem eléggé finom, mert nem égetéssel jön létre. A puha vezetőszilikon formába tettük, és a mechanikus prés gép kb. 200 Celsius fok hőmérsékletű lapjaival összepréseltük. A nagy hőmérséklet hatására a szilikon „gumiszerűvé” vált, mert kialakult a polimer térhálós szerkezete. Kb. 10 perc után kivettük a forró prés alól, és betettük a levegőt cirkuláltató szárítószekrénybe, ahol folytatódtatott a térhálósítás (utóvulkanizálás). Ilyen vezetógumit használnak orvosi célra is, orvosi eszközök elektronjaként. Pl. rövidhullámú kezeléskor, mert ez az eszköz felveszi a testfelszín alakját, nem úgy, mint fémből készült társa.

A lábasalátét és a kávéfőzőgumi: Ezeket a vezetógumihoz hasonló módon készítettük azzal a különbséggel, hogy a nagy elektromos prés gépet használtuk. A szilikonok tulajdonságainak megfelelően ez a két termék hőálló a kívánt hőmérsékleti tartományban, de hisz erre szükség is van feladatukat tekintve.

Az ugróragacs: Ez a furcsa név arra utal, hogy ez a ránézésre érdektelen, rágógumihoz hasonló massa ötvözi a gyurma, a labda és pl. az üvegbot tulajdonságait. Azaz **nyúlik**, mint az olvadt sajt (az anyag megfolyik), hirtelen rántásra úgy **törik**, mint otthon a tányér (kagylós törés), földhöz csapva **visszapattan**, mint a labdánk (rugalmas ütközés). A különleges szerkezet különleges tulajdonságokat okoz. Az ugróragacs olyan szilikon, melyet kevés B-atommal szennyeznek. A B-atom a Si-atomok helyére lép be a térhálós polimerbe. Míg a Si-atom négy kovalens kötést alakít ki az O-atomokkal, addig a B-atom elektronszerkezetének következtében csak három kovalens kötés kialakítására lenne képes. Az alacsonyabb energiaállapot elérése miatt kialakul egy negyedik kovalens B-O kötés is, de ez datív (az O-atom áldozza fel egy nemkötő elektronpárját). A polimerben **ez a ritka, gyengébb datív B-O kötés felelős ragacsunk különleges viselkedéséért.**

- Ha nyújtjuk, akkor ezek a B-O kötések itt-ott felszakadnak, esetleg máshol újak alakulnak.
- Ha rántjuk, akkor a B-O kötések azonnal szakadnak, de új kialakulására nincs idő!
- Ha földhöz csapjuk, akkor ezek a B-O kötések változatlanok maradnak – nem tapasztalunk alakváltozást.

Végezetül felvillantánánk még néhány felhasználási lehetőségét a szilikonnak

Meniszkusz: A szilikonnal bevont kémcső nem tesz különbséget ún. nedvesítő és nem nedvesítő folyadék között, ezért az ilyen csőben a folyadékszint mindig vízszintes, ez megkönnyíti és gyorsabbá teszi a pontos bemérést és leolvasást.

Víz- és zsírlepergetés egyszerre: A szilikon szerkezetéből adódóan az ilyen festékekkel bevont falról nemcsak a víz, hanem a zsír is leperreg – a szmogos városrészben tisztán maradnak a falak, és a grafiti készítőik nagy bánatára a festéket is könnyebb lemosni róluk – kár, hogy túl drága (Lánchíd).

Szilikonfestékek a művészetben: A festészetben elterjedt hagyományos festékek mindegyike növényi alapú, ami azt jelenti, hogy molekuláikban rengeteg telítetlen kötés található. Ez sajnos lehetővé teszi azok öregedését, repedezését, hiszen rengeteg külső, kémiai hatás éri őket. A múlt században használt új és jónak hitt festékek mára rohamosan sötétedni kezdtek. (Munkácsy műveit például állandóan restaurálni kell.) A szilikon alapanyagú festék ezzel szemben egy nagy ellenálló képességű és rendkívül stabil polimer, melynek molekulái nem tartalmaznak telítetlen kötéseket, s így a környezet nem képes lebontani ezt az anyagot.

Laborban: tanulókísérleteink állandó szereplői a **cseppentők**, amelyeknek rugalmas részei, ha szilikonból készültek, **saválló, hőálló**, nem olvadnak, nem égnek.

Felhasználják még tömítőanyagként, sűrűlódáscsökkentésre (szilikonolaj), textiliparban, papíriparban.

TOVÁBB IS VAN, MONDJAM MÉG?

Összefoglalás, köszönet

Mondhatnánk, hiszen a felhasználási lehetőségek száma szinte végtelen. Bízunk benne, hogy előadásunkkal sikerült eloszlatni azt a rossz beidegződést, hogy a szilikon egyenlő a nagy műmellekkel és a hozzá kapcsolódó pajzán nevetéssel!

Ezúton is szeretnénk megköszönni Nagy József professzor úr segítségét, akinek tudásából egyelőre csak porszemnyi ragadt ránk, de fiatalos lelkesedése mindhármunkat lenyűgözött.

Gárdus Dénes

(Felkészítő tanár: Vargáné Jacsó Hedvig)

A foszfor szerepe és jelentősége az élővilágban; foszfortartalmú műtrágyák¹

A korszerű mezőgazdaságban egyre inkább problémát jelent a növények folyamatos tápanyagellátása. Az ellátást a klasszikus módszerek szerint többszöri trágyázással próbálták folyamatossá tenni. A folyamatos tápanyagellátás korszerű megoldásaként új típusú komplex műtrágyák terjedtek el, amelyben a gyors és a lassú hatású tápanyagok egyaránt jelen vannak. A műtrágyák használatáról az emberiség táplálékszükségletének biztosítása érdekében jelenleg és a belátható jövőben nem mondhatunk le, hiszen a növények tápanyagszükségletét a kívánt mennyiségben és minőségben csak így elégíthetjük ki. A műtrágyakutatás és a műtrágyagyártás az elmúlt húsz-harminc év alatt világszerte jelentősen fejlődött, és nagy léptékben fejlődik ma is.

A növények a szervezetük felépítéséhez szükséges anyagokat részint kovalens kötésű vegyületek alakjában, részint ionos alakban vizes oldatból gyökereik segítségével veszik fel. Ez utóbbi formájú tápanyagfelvételt ásványi táplálkozásnak nevezzük. A műtrágyázás gyakorlata szempontjából ennek van elsődleges jelentősége. A gyökérszörsejtek ion felvételében három folyamat figyelhető meg: felületi megkötés, ionelnyelés, iontovábbítás. A tápanyagfelvétel a levéllel keresztül is végbemegy, amely folyamat az előbbtől alapjában véve nem tér el. A tudósok vízkultúrás kísérletekkel állapították meg, hogy melyek a növény számára legfontosabb elemek és melyek azok a vegyületek, amelyekből ezek az elemek a legkönnyebben felvehetők. A növényi tápelemek közül a legjelentősebb a N, P és a K, de ezek mellett nem hanyagolhatóak el a különböző mikro- és makroelemek sem. A növények gyökereikkel szervesen vegyületekből veszik fel a P-t, bár kimutatták egyszerűbb szerves

P-vegyületek felvételének lehetőségét is. (A növényi tápelemeket makro- és mikrotápelemekre oszthatjuk. A mikroelem elnevezés mindössze arra utal, hogy e tápelemek részaránya a növényben rendkívül kicsi. A makro-és mikroelemek között a határvonalat megvonni azért is nehéz, mert egyes elemek pl. Fe-mennyiségük alapján középhelyet foglalnak el, és egyaránt sorolhatók a makro-és mikrotápelemek közé. Mikroelemek pl. Mn, B, Cu, Zn, Mo, Co. Makroelemek pl. N, P, K, S, Ca.)

(A **foszfor** a növények nélkülözhetetlen alkotórésze, tápláléka. A természeti környezetben előforduló vegyületekben oxidációfoka +5. Ezek a vegyületek stabilitásukat a foszfor-oxigén kötés nagy kötési energiájának köszönhetik ($E_D > 500$ kJ/mol). Az energiatároló makroerg kötések pl. ATP-ben nagyon fontosak a növény energiagazdálkodásában, energiatárolásában. A nukleinsavak, ill. a nukleotid származékok szintén foszfortartalmúak. Az egyidejűleg hidrophil és hidrophób szerkezeti elemeket tartalmazó foszforlipidek (amfipatikus molekulák) a biológiai membránok lipid-kettősrétegének létrehozói.)

Tudnunk kell, hogy a növények az egyik anyag hiányában a többi, egyébként elegendő mennyiségben előforduló anyagot sem tudják beépíteni, ilyenkor úgynevezett hiánybetegségek alakulnak ki. Hiába műtrágyázzuk meg a talajt pl. N- műtrágyával, ha mondjuk nincs elég Mg benne, akkor a növény nem tud elegendő szintet képezni, és így a N-t sem tudja hasznosítani. Vagyis a növény a legkisebb mennyiségben jelenlevő anyag arányában tudja csak hasznosítani a többi anyagot is. Ezt fogalmazta meg Liebig német vegyész 1840-ben. Foszfor hiányában a növény növekedése nehezen indul meg, merev lesz, a levélszélek sárgulhatnak. Kísérleteimben a Liebig-féle minimum elvet próbáltam modellezni: kukorica, búza és borsó csíranövényeken. A P legnagyobb meny-

¹ Elhangzott a Pécsi Kémikus Diákszimpóziumon 1999-ben.

nyiségben a virágban halmozódik fel, ezért a bőseges foszforellátás rendszerint gyorsítja a fejlődést és a termésképzést. Szobanövényeken (fokföldi ibolya) is megvizsgáltam a P-hiány tüneteit. Elsősorban a foszforsav sói a foszforfelvétel forrásai. Az alkálifémek és az ammónia különféle foszfátjai, az alkáliföldfémek dihidrogén-foszfátjai vízben oldódnak, ezért a növények számára könnyen felvehetőek. A talajban egyidejűleg vannak jelen a foszforsav különböző oldékonyságú sói, továbbá a szerves foszforvegyületek is. A rosszul oldódó foszfátokat a talajban mikrobiológiai úton keletkező savak (citromsav, kénsav) feloldják, a növényi maradványokban lévő szerves foszforsavészterek pedig, amelyek gyakran nagyon lassan hidrolizálnak, a foszfátázok hatására mikroorganizmusok segítségével mineralizálódnak.

A **körforgás** során szárazföldi növények és a tengeri élőlények jelentős foszformennyiséget vesznek fel, amely azután a táplálékláncban továbbhaladnak, ill. az élőlények elhalása után oldható szervesen vagy nehezen oldódó szerves foszfátokká alakulnak át. A növények a talaj foszfáttartalmának csak kis részét (5%) képesek felvenni, mely általában csak többszörösen pozitív töltésű kationok jelenlétében rendelkezik elegendő oldékonysággal a vízben. A szárazföldi és vízi ökológiai rendszerekben jelen lévő foszfátmennyiség a magasabb rendű növények táplálásához (foszfortartalmuk 0,5-5,0% között van) általában nem elegendő, ily módon a foszfor gyakran limitáló tápanyagként szerepel. A hiányt antropogén foszfátműtrágyák pótolják, majd a folyók az alkalmazott műtrágyákéval összevethető mennyiségű foszfort szállítanak a tengerekbe, ahol az az üledékbe kerül. Az esővíz foszforkoncentrációja 10-100 mg/m³ között változik, ami a porból, tengervízpermetből és a nagy hőmérsékletű folyamatok termékeiből tevődik össze. Ez az atmoszférában rövid ideig tartózkodik. A foszfor biokémiai körforgását a talaj-talajfelszín, ill. víz-üledék rendszerekre különválasztva lehet tárgyalni, mert a kettő közötti anyagcsere csekély mértékű. A körforgás jellemzője, hogy a kitermelhető foszfát egy része a biológiai átalakulás és a civilizációs hasznosítás közben szétszóródik, majd a Föld nehezen hozzáférhető területein (mélytengeri üledék) lerakódik.

Régi tapasztalat, hogy a **műtrágyák** különböző talajokon nem egyformán fejtik ki kedvező hatásukat. Szélsőséges esetekben a várt mű-

trágyahatás elmaradhat, sőt terméscsökkenés is bekövetkezhet. Éppen ezért a növények tápanyagigényén kívül nagy figyelmet kell fordítani a termőtalaj tulajdonságaira, és a megfelelő műtrágyázási eljárásokat azok alapján kell kiválasztani. Ezzel a lehető leghatékonyabbá és leggazdaságosabbá tehetjük a tápanyag utánpótlását, valamint magában a talajban is olyan változásokat idézhetünk elő, amelyek fokozatosan a talaj tulajdonságainak javulásához vezethetnek. (A talaj a növény számára nem egyszerűen tápanyagokat szolgáltató indifferens közeg, hanem többfázisú, sokkomponensű, rendkívül bonyolult rendszer, amely sokrétű kapcsolatban van a rajta élő növényvel, maga is a rajta élő élővilág hatására alakul ki, és formálódik ma is.)

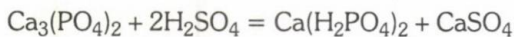
(A sokféle **műtrágyatípus** tárgyalásához a műtrágyákat valamilyen osztályozási rendszerbe kell sorolnunk. Legáttekinthetőbb felosztási rendszert akkor kapunk, ha az osztályozás alapja a **műtrágyák összetétele** lesz.

- egyszerű műtrágyák (amelyek csak egy tápelemet tartalmaznak)
- összetett és kevert műtrágyák (komplex műtrágyák) (amelyben legalább két tápelem van összetett formában azonos molekulán belül, vagy kevert formában tápelemekként különálló vegyületekben pl. ammónium-foszfátok, ammónizált szuperfoszfát.)
- mikroelemtartalmú műtrágyák (amelyek egy vagy több mikroelemet tartalmaznak önálló vegyületek formájában, vagy más egyszerű, ill. összetett, vagy kevert műtrágyához adva.)
- folyékony és szuszpenziós műtrágyák (amelyek a makro- és mikrotápanyagokat oldott állapotban vagy stabilis szuszpenzió alakjában tartalmazzák).

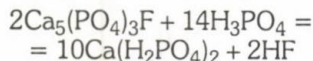
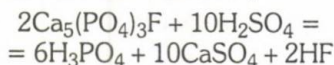
A talajba juttatott foszforműtrágyák kölcsönhatásba lépnek a **talajjal**. Ennek a kölcsönhatásnak a mértéke, jellege messzemenő hatással van a trágyák hasznosulására, termésfokozó hatására. A talajba juttatott foszfátok nagyobb hányada kémiai és fizikai úton nyelődik el. A foszfátok mozgását és viselkedését a talajban, valamint a hidroszférában a jelenlévő fémionok (Ca²⁺; Fe³⁺; Al³⁺) befolyásolják. A hárombázisú foszforsav vizes oldata a pH függvényében az egyes részecskefajták (foszforsav, dihidrogén-foszfát-ion, hidrogén-foszfát-ion, foszfát-ion) különböző mólhányadát tartalmazza. Ha a talaj pH-ja ≤ 4,5, megkezdődik a vas(III)- és alumínium(III)-foszfát kicsapódása, főleg bázikus ve-

gyületek formájában. Ha a $\text{pH} \geq 6,5$, végbe-
megy a kalcium-foszfátok (hidroxilapatit) kicsa-
pódása. Ennek megfelelően a foszfátokkal, mint
növényi tápanyagokkal viszonylag szűk pH
tartományban számolhatunk (4,5-6,5), és ked-
vezőtlen körülmények között a műtrágyaként
kiszórt foszfát jelentős része a talajban a növé-
nyek számára hozzáférhetetlenné válik, mivel
jelentékeny része irreverzibilisen megkötődik.
A megkötődés mértéke és formája nemcsak
a talaj tulajdonságaitól függ, hanem a műtrá-
gya kémiai összetételétől, szemcseméretétől, ol-
dékonyaságától is.

A foszforműtrágyák fő **nyersanyag** forrását
a nyersfoszfátok képezik. Ezek a foszforit és az
apatitok (klór-, fluor-, hidroxil-apatitok). A jó
hatásfokkal kitermelhető foszfátércsek rendszert
üledékes, ritkábban vulkanikus ércek, azon-
ban hozzájuk kell még számítanunk a csendes-
óceáni szigeteken lévő guanó-lerakódásokat is.
A nyersfoszfátokra jellemző, hogy a talajban rend-
kívül ellenállóak, oldhatatlanok, ezért műtrá-
gyázási célra különösen eredeti formájukban
nem vagy csak kevésbé alkalmasak. A nyers-
foszfátok kénsavas feltáráásával állítják elő az
egyik legelterjedtebb műtrágyát, a superfosz-
fátot, melynek hatóanyaga a kalcium-dihidro-
gén-foszfát. Ez vízben jól oldható, a talajba ke-
rülve a növények könnyen fel tudják venni.
Kénsav hatására az alábbi folyamat játszódik le:



A superfoszfátokat azonban leginkább apa-
titokból, elsősorban fluorapatitokból készítik,
melyeknek fluorid tartalmából a kénsav HF-ot
szabadít fel (ez a mindig jelenlevő homokkal
szilícium-tetrafluoridot is termel).



Az apatitot porrá őrlik, majd kb. 62-
70 m/m%-os kénsavval kezelik. A nyersfoszfát
és a kénsav intenzív összekeverését szakaszosan
működő öntöttvas keverőüstben végzik, mely-
ben függőleges tengelyre erősített lapátok van-
nak. A nyersfoszfátok foszforsavas feltáráának
célja az, hogy a nyersfoszfátokból gipszmentes
vagy gipszszegény műtrágyát kapjunk, mely
 P_2O_5 -ra nézve koncentráltabb, mint a super-
foszfát. Ha a feltárást tisztán foszforsavval végzik,
az előállított műtrágyát hármass superfoszfátnak
nevezik. Használatos a kettős, ill. a koncentrált

superfoszfát elnevezés is. Ha a feltáráshoz
kénsav-foszforsav elegyet használnak, a kapott
terméket dúsított superfoszfátnak nevezik.

Ismeretes a nyersfoszfátok termikus úton
való feltárása is, melynek két típusa van: az ol-
vasztás nélküli és az olvasztásos. Az előbbi fo-
lyamat során az anyagkeveréket csupán az ösz-
szesülés hőmérsékletére hevítik (szinterelés), de
nem olvasztják meg. A második típusnál a ke-
veréket megolvasztják, majd az olvadékot hirtelen
lehűtik.

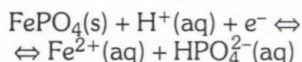
Lassan és tartósan ható foszforműtrágya-
ként alkalmazzák pl. a CaHPO_4 -ot, mely vízben
gyakorlatilag oldhatatlan, de gyenge savakban,
pl. citromsavban fokozatosan feloldható, ugyan-
úgy mint a növények gyökerei által kiválasztott
savakban.

A levéltrágyázás általában tízszer hatéko-
nyabb a talajtrágyázásnál, valamint a vegyszer-
igény is minimálisnak tekinthető a talajtrágya-
zásnál alkalmazott mennyiséghez képest.

**Műtrágyák foszfortartalmának meg-
határozása** sok módszerrel lehetséges. Az általam
végzett kísérletnek az az alapja, hogy a foszfátot
tartalmazó oldatban ammóniás semlegesítéskor
magnéziumionok hatására leváló $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot$
 $6\text{H}_2\text{O}$ csapadék keletkezik, melynek tömegét
mértem. Az ismeretlen összetételű műtrágyából
10 g-ot lemértem, amit 150 cm^3 deszt. vízben
oldottam fel. Ezután 150 cm^3 MgSO_4 -oldatot
öntöttem hozzá (10 g kristályos MgSO_4 -et ol-
dunk 100 cm^3 vízben). Állandó keverés közben,
lassan adtam az oldathoz kb. 200 cm^3 ammó-
niaoldatot. Fehér csapadék képződött, a szusz-
penziót 15 percig hagytam állni, majd leszűrtem.
A csapadékot mostam, szobahőmérsékleten szá-
radni hagytam. A jól kiszáradt $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot$
 $6\text{H}_2\text{O}$ fehér, hintőporszerű anyag. A csapadék
tömegének mérése után kiszámoltam az is-
meretlen műtrágya foszfortartalmát P%-ban és
 P_2O_5 %-ban.

Látnunk kell, hogy a felhasznált műtrágyák
mennyisége és a növények által felvett hányad
nem azonos, hiszen a tápanyag egy része a ta-
lajból kilúgozódva a talajszemcséken megkötö-
dve vagy az atmoszférába jutva az abiotikus
környezetben visszamarad. A szervesetlen tápanya-
gok (foszfátok, ammóniumsók, karbamid, nitrá-
tok és káliumsók) bejutva a természetes vizekbe
eutrofizálják azokat. A foszfátok egy része a hid-
roszférába mint mosószeradalekok, ill. lágyítósze-
rek kerülnek (pentanátrium-trifoszfát, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$).
Az **eutrofizáció** során először a növényi bio-

massza mennyisége növekszik meg, majd a vízkészlet biológiai egyensúlya bomlik meg. A biomassza növekedését rendszerint a foszfát limitálja, ily módon a folyamatot a kommunális vizek, továbbá a foszfáttartalmú mosószerek nagy mennyiségben való alkalmazása jelentősen befolyásolják. Az eutrofizáció eredményeként létrejött bioturbáció – elhalása után – az oxidatív mineralizációhoz lényegesen több oldott oxigént használ fel, mint ami a diffúzió során az atmoszférából az élővízbe juthat. Az oxigénhiány olyan nagy mértékű lehet, hogy a redukálóanyagok koncentrációja (kén-hidrogén, ammónia) meg-növekedik. Az említettek mellett bekövetkezhet az üledékből a vas(III)-foszfát újraoldódása, mivel a tápanyag és szennyező anyag által terhelt felszíni vizekben az üledékhez közeli vízrétegben redukáló körülmények és viszonylag kis pH-értékek alakulhatnak ki. A lejátszódó folyamat:



Elektronodonorként kén-hidrogén vagy szerves vegyületek jöhetnek számításba. Ennek kö-

vetkeztében a nehezen oldódó vas(III)-foszfát jobban oldódó vas(II)-foszfáttá alakul, majd az üledékből hidrogénfoszfát alakjában újraoldódódik. A cirkuláció a biológiailag aktív felső rétegekbe juttatja a foszfátot, melynek az a következménye, hogy tápanyag-bejuttatás nélkül is továbbfolyik az eutrofizáció, s ez az élővilág kihalásához vezethet.

Irodalom

- [1] Almás M.Z.: Műtrágyák. II. átdolgozott bővített kiadás. Budapest: Műszaki könyvkiadó 1977
- [2] Dr. Lengyel B.: Általános és szervetlen kémiai praktikum I. Budapest, Tankönyvkiadó 1969
- [3] Dr. Lengyel B., Prosz J., Szarvas P.: Általános és szervetlen kémia. Budapest, Tankönyvkiadó 1971
- [4] Papp S., Kümmel R.: Környezeti kémia. Budapest, Tankönyvkiadó 1992
- [5] Dr. Tóth Z.: Innen-onnan. A Kémia Tanítása, Módszertani folyóirat. 1997/2 Mozaik Kiadó

Környezeti nevelés elméletben és gyakorlatban 30 órás akkreditált továbbképzés

A továbbképzés témakörei: a víz, a levegő, a talaj szennyezései, hulladékkezelés stb. Az aktuális tartalmakon kívül a résztvevők módszertani újdonságokkal is megismerkedhetnek. A továbbképzésben a gyakorlat és az elmélet aránya fele-fele.

Tervezett programok:

hulladékégető meglátogatása,
terepgyakorlat a Pilisben,
tanórai környezetvédelmi demonstrációs kísérletek,
aktuális esettanulmányok,
vízvizsgálat bioindikációval,
az internet szerepe a környezetvédelemben,
tehetséggondozás, versenyre való felkészítés,
segítségnyújtás a helyi tantervek környezetvédelmi kiegészítéseire,
a témakörök megvilágítása különböző szakterületek, tantárgyak szemszögéből.

Előadók: az ELTE tanárai, az OKSZI munkatársai és a Környezet és Egészségvédelmi Versenybizottsági tagjai. Fénymásolt szakirodalmat kap minden résztvevő.

Helyszín: Budapest

Időpont: 2001. 04. 25-28.

Részvételi díj: 28 ezer Ft

Kérésre szállást, étkezést tudunk biztosítani.

Jelentkezés: Kiss Árpád OKSZI 1054 Budapest Báthory u. 10.

(A tanúsítványt is az OKSZI állítja ki 30 óráról)

Szervező: Pigler Edit környezetvédelmi szakreferens

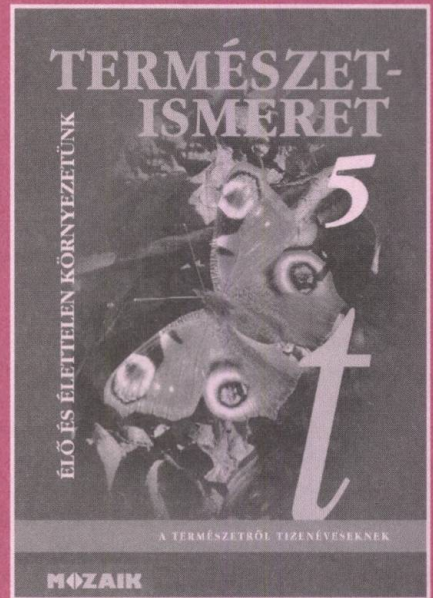
A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

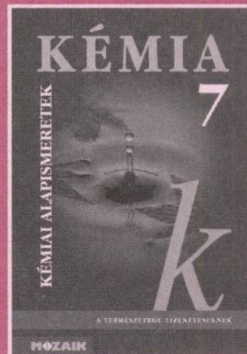
A Természetismeret 5. osztályos kötet
2001-től már a kerettanterv szerint
átdolgozva jelenik meg.
(Az új tankönyvjegyzékről rendelhető.)

A 2001/2002-es tanévre
a Természetismeret 6. osztály,
Biológia 7., 8., Földrajz 7., 8.,
Kémia 7., 8. és a Fizika 7., 8. tankönyvek
jelenlegi formájukban rendelhetők.
A könyveket a kerettanterv bevezetésével
felmenő rendszerben átdolgozzuk.

A sorozat 9. évfolyamos
(kerettanterv szerinti) kötetei
2001 szeptemberében jelennek meg.



A TANKÖNYVCSALÁD NÉHÁNY TOVÁBBI KÖTETE



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK



A humán genom –
kémikus szemmel

(Dr. Hollósi Miklós)

A középfokú szakmai
oktatás és a vegyipar

(Várady Judit)

„Az gyönyörű
természettudományokról...”

(Kapocsi Margit Katalin)

Az elvarázsolt üveg és papír

(Hajas Viktória – Eszik Veronika)

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 470-185

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301.

Éves előfizetési díj: 980 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

a Generál Print Nyomda Kft.-ben

TARTALOM

**Tudásalapú lesz-e a 21. század társadalma,
és ha igen, hogyan?**

Dr. Szalay Tibor ny. egyetemi tanár, KLTE

A humán genom – kémikus szemmel

Dr. Hollósi Miklós tanszékvezető egyetemi tanár,

ELTE, Szerveiskémia Tanszék

A középfokú szakmai oktatás és a vegyipar

Várady Judit vegyész, újságíró, Magyar Vegyipar

„Az gyönyörű természettudományokról...”

Kapocsi Margit Katalin középiskolai tanár, szaktanácsadó,

C. R. Szent István Gimnázium, Székesfehérvár

Az elvárásolt üveg és papír

Hajas Viktória – Eszik Veronika

ELTE, Radnóti Miklós Gyakorlóiskola, Budapest

Rendezvények, pályázatok

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.



Dr. Szalay Tibor

Tudásalapú lesz-e a 21. század társadalma, és ha igen, hogyan?

Bevezetés

Amost a század- és ezredfordulón számos tényként kezelik és ennek nyomán talán még többen el is hiszik, hogy egy álomkép, a tudásalapú társadalom elérhető közelségben van, vagyis megvalósulása folyamatban van. De hogyan történik ez, kik által valósulhat meg, amikor prófétáink adások maradnak még magának az összetett fogalomnak a meghatározásával is? Milyen tudásról is lenne itt szó? Minek a tudására lenne szüksége a társadalom tagjainak, de különösen a tömegeknek, tehát a mindennapi embernek¹? Alighanem, ez a legsürgősebben megválaszolandó kérdés, és egyben elodázhatatlan, megoldásra váró, rendkívül nagy feladat is. E téren azonban nem kis felelősség hárul a döntéshozó politikusokra. Természetesen legalább ekkora felelősséget kell érezniük a döntést előkészítőeknek is, majd a végrehajtóknak, mindenekelőtt pedig a tanároknak és a képzésből kikerülő, újabb és újabb korosztályoknak, vagyis a stafétatöbbséget átvevőknek és továbbvivőknek. Tehát

végül is, mint mindig, most is az iskolarendszeren, az oktatás minőségén, szervezésén és működtetésén („finanszírozásán”) múlik jövőnk alakulása. Hiszen köztudott, hogy ezért és e célból alakult ki az iskolarendszer sok-sok évszázaddal korábban² [1, 2]. Azt hiszem, most is szükség lenne ezen a téren, vagyis igazán „jól jönné” ismét egy Apáczai Csere János, vagy az éppen mostanában gyakran emlegetett Klebelsberg Kunó nagyságú szervező.

Miközben ilyen kijelentés került nyilvánosságra: „az előző rendszer túldotálta a fizikát és a kémiát”³. Méghozzá nem is akárkiktől, hanem az MTA elnökétől, merthogy általában az oktatásra és kutatásra fordítható, viszonylagosan igazán nem sok pénz elosztását, valamivel magyarázni kellett korábban is. Nemrég pedig, egy ezzel nagyon összecsengő, hasonló vélekedésre is figyeltem elsőszámú műsorszórónk, a Krónika rovatában: „a humántudományokra legalább annyit kell fordítani, mint a természettudományokra”. Még szerencse, hogy ez a kérdés már a 20. század kezdete óta nem valós, mert véglegesen eldőlt: választ kapott rá a világ,

¹ A fejlett társadalmakban közel sem a nyugdíjasok jelentik az igazi problémát. (Hiszen ők megdolgoztak érte. Járandóságuk nem szociális segély, mint ahogyan egyes politikusok megdöbbentő módon nyilatkoznak, netán „tudni vélik”.) A társadalomból ki- és leszakadó egyre vastagabb réteg állítja megoldhatatlannak látszó feladat elé a mindenkor hatalmon levőket, a döntéshozó politikusokat.

² A század elején Németországban városrésznyi területeken tízezres nagyságrendű hallgatóság képzésére képes egyetemeket hoztak létre, felsorolhatatlanul sok városban. (Csak ahol magam is rövid látogatást tehettem: Berlin, Lipcse, Drezda, Rostock.) Ennek nyomán értettem meg, mitől (is) lehetett ez az ország, az I. világháború megpróbáltatásait követően, közel 2 évtized alatt világhatalom, és hogy Európa számára sorsdöntő Marshall-segély hová segítette ugyan-ezen ország kétharmadát. Ezzel szemben pedig hol tart még ma is Törökország, amely kb. azonos összegű segítyt kapott.

³ Hovatovább már csak a kémia lesz a fekete bárány (1. NAT és annak Kerettervében a kémia óraszám, szemben mondjuk, a történelemével vagy a földrajzával). Kísérletje meg azonban bárki is felfogni: mi mindent adott és ad a kémia tudománya a társadalom egészének és főként mekkora még a jövőbeli elvárás is tőle (l. a cikk további része is).

mégpedig automatikusan, magától értetődően és robbanásszerűen. (E felismerés nyomán lehetett és vált oktatásunk nagy alakjává az említett K. K. is.) Mégis vannak napjainkban, akik az idő kerekét visszafelé akarják forgatni, de ez a pápáknak sem sikerült⁴. Ezért is reméljük, hogy az esetlegesen rosszul döntők és netán rászédők nem várnak 400 évig, hogy beismerjék, tévedésük nyilvánvaló.

Gondoljunk csak arra, hogy mi mindent halmozott fel évszázadok során a matematika, aminek gyümölcsei most érnek be igazán (I. informatika, számítástechnika és e tudományágak betörése a humántudományokba is!), vagy hogy hol tartanánk általában is az alkalmazott, mint pl. a műszaki- és anyagtudományok nagyszerű eredményei nélkül. Illene tehát törekedni arra, hogy minél többen megismerjék, vagyis tudatosuljon: hogyan is alakult és teljesedett ki az emberi életmód, a valóban emberhez méltó élet. Ne csak a történelmi eseményekkel, a háborúkkal, vallásháborúkkal és még sok minden mással foglalkozzunk, raboljuk egymás idejét, mint pl. napjainkban a reklámokkal. Következésképpen ne csak a távoli múltba révedezzünk, hanem nézzünk körül szűkebb és tágabb környezetünkben: mi mindent ad, pl. csak a kémia önmaga!) Még ha divatba is jött a reáltudományok eredményeinek a kétségbevonása és ennek nyomán visszaélni embertársaink jóhiszeműségével [4, 5].

Sokkal inkább érdemes elgondolkodni azon mindenkinek, amit az előző akadémiai elnök kijelentett, még ha ez nem is kapott akkora nyilvánosságot, mint a jelenlegié. Jóllehet, a jövő szempontjából sokkal fontosabb, és valóban széleskörű figyelemre érdemes: a társadalom legnagyobb baja a butaság, amit le kell küzdünk. Ezzel a gondolattal cseng össze, ha nem is ennyire cselekvésre ösztönzően, Széchenyi-díjas professzorunk, Molnár Tamás megállapítá-

sa is: „a huszadik században a baj akkor kezdődött, amikor a butaság el kezdett gondolkodni”. A butaság azonban értelemszerűen nem, csakis az ember képes gondolkodni, de akkor meg már miért maradna buta. Bármilyen szintről induljon is el bárki, ha már egyszer valahogyan el kezdett tudatosan gondolkodni, akkor az ilyen ember csupán magára vethet, ha buta marad, vagyis megreked, és nem fejlődik. Nem törekszik ismereteit bővíteni, és kritikával fogadni a sokszor tudatosan megtévesztő információ-áradatot.

A gondolkodás teljes hiányát példázta nekem – néhány éve – egy egészségügyi szakközépiskola kb. negyvenéves, de már pocakos tornatanára, aki cigarettázva, hosszú, csapzott és zsíros hajjal, borostás ábrázattal foglalkoztatta (többségükben leány-) növendékeit. (Ilyen lenne most a vonzó férfi, netán a diáklányokat lázba hozó ideál?) Méghozzá olyan játszótéren zajlottak rendszeresen ezek a testnevelési órák, amelynek állapota és tisztasága, a város nem nagy dicsőségére, enyhén szólva is elhanyagolt volt. Milyen felfogás uralhatja az ilyen iskolát? Milyen példát kövessenek az itt tanulók?

Versenyben a fogyasztással a takarékoságért

Az emberiség elsődleges problémája az energiafogyasztás megugrása, az energia-éhség, és az ettől elválaszthatatlan „üvegházhatás”. Azt szokás mondani, hogy amennyiben korlátlanul van energiánk, akkor a további két alapvető probléma, az élelmezés (benne az ivóvízellátás), valamint a környezetártalom (benne a betegségek megelőzése és gyógyítása), már könnyebben megoldható. Fűzzük azonban hozzá: természetesen csakis akkor, ha van hozzá megfelelő tudás, pontosabban elegendő számú

⁴ Giordano Bruno (1548-1600) itáliai filozófus és író. Jelentős szerepe volt a természettudományos világkép filozófiai előkészítésében. Nézetéért az inkvizíció máglyahalálra ítélte [3].

és megfelelő képzettségű szakember! (Lesznek-e elegendő számban érettségizők a természettudományi tárgyakból, ha a már is érzékelhető csökkenési tendencia felerősödik?)

A Római Klub új kulcsfogalmat vezetett be, a „négyes faktort”, ami érthetőbben azt jelenti, hogy a cél a társadalmi jólét megkészszerzése és a természeti javak felhasználásának a felezése [6].

Terjedelmi okból természetesen itt csak néhány kérdéskörre térhetünk ki vázlatosan. Kezdjük a legfontosabbikkal, a világ energiafogyasztásának összetételével (1995. évi, 1. [6], de a 278. oldal):

Olaj 32,5%, kőszén 26,5%, gáz 18%, biomassza, fa és faszén együtt 11,5%, ezek mindegyike részt vesz az üvegházhatásban, mégpedig az elégésük során képződő CO₂-gázzal. (Nem részletezzük a szennyezőkből és a levegő nitrogénjéből, az égés során keletkező, savanhidridek /= a kén és a nitrogén oxidjai/ és a savas eső problémakörét.) Most csupán arra mutatunk rá, hogy a felhasznált másodlagos energiahordozók 88,5 %-a idézi elő az emberiség fennmaradását veszélyeztető, sokszor emlegetett üvegházhatást.

Az atomenergia részesedése 5%, a vízierőművekkel termelt energiáé 6%, valamint a nap- és szélenergiáé együttesen 0,5%. (A Föld belsejében, a radioaktív bomlásból származó, geotermikus energia nem szerepel a kimutatásban.)

Ezek az energia-összetevők több szempontból is figyelemre méltóak. Az üvegházhatást előidézők közül kifogyóban van az első és a harmadik. Jóllehet, a lassabban kifogyó másodikból még elő lehet állítani a harmadikat. A jövőben, részvételi arányukban és jelentőségükben, várhatóan megnövekszik a biológiai eredetű energiaforrások szerepe.

Úgy vélem, továbbra sem lehet „elfelejteni”⁵ az atomenergiát, minthogy ez nem okoz üveg-

házhatást, tekintettel arra, hogy pl. a hidrogén-alapú-gazdaság – elsősorban – erre épül [7]. A lényeg pedig, hogy még néhány száz évre ezzel kitolódna az energiaforrások elapadásának az időpontja. (A kőolaj-, földgáz- és kőszénkészletek együttesen, becslés szerint, csak kb. 200 évre lennének még elegendőek a jelenlegi fogyasztási szint mellett.)

Még nehezebben kezelhető kérdés „a jólét” becslése, minthogy ez még az előbbinél is összetettebb probléma. Az emberiség szaporodásának háromféle feltételezése közül a legvalósabb az, amely szerint 2050-ben a világ népessége kb. 8 milliárd lesz (1. [6]-ban a 291. oldalon: esetleg 10 vagy 12 milliárd.) Könnyen belátható, hogy a társadalmi jólét megkészszerzése, még az első esetben is, csaknem lehetetlen, vagyis megoldhatatlan feladatnak látszik.

Az energiafogyasztás tervezett csökkentésének és a jólét növelésének realizására a [6] forrásmunkában 50 példát mutatnak be. Közülük itt csak néhányat idézünk.

A gépkocsik üzemanyag-fogyasztása az USA-ban 17,8 literről (1973) 8,7 literre csökkent (1986). A különböző típusok fejlesztése kapcsán pedig pl. a gépkocsik tömege 36 %-kal csökkent. Még jelentősebb tömegcsökkentést lehet elérni a műanyag karosszériák bevezetésével. Ma már nem ritkák az 5-6 liter/100 km fogyasztású gépkocsik sem (1. [6]-ban a 32. oldaltól). További nagy előnyt jelentenek az ún. hibridautók, amelyek felváltva, benzinnel és akkumulátorokból nyert elektromos energiával működnek.

Szuperablakok: amelyekben az üveg nyáron nem engedi be, télen pedig ki a hősugarakat (1. [6]-ban a 49. oldaltól).

Gyártáskor a nagy energiafálgó szerkezeti anyagok (alumínium, vas, illetve acél, üveg és beton) helyett előtérbe kerül a fa (1. [6]-ban a 141. oldalon, a 18. ábra).

⁵ Balogh János akadémikus, előadás-sorozataiban többször is erre bízta a nézőt a tévében.

A sort folytathatnánk a műanyagok további térnyerésével és sokrétű alkalmazásával, az építő- és háztartási vegyi anyagokkal, a kozmetikumokkal és a gyógyszerekkel, valamint a nagyon divatba jött gyógyhatású készítményekkel, továbbá a jelentőségében még fel sem becsülhető mikroelektronikai fogyasztási és egyéb eszközökkel (mint pl. a „nagyteljesítményű” orvosi diagnosztikai és általában anyagszerkezet-vizsgáló műszerek, vagyis a különféle elektronmikroszkópok, számítástechnikai és videotechnikai eszközök, mobiltelefonok stb.)

A tömeggyártás ma már el sem képzelhető automatizálás nélkül. Messze nem csak az emberi munkaerőre alapozzák széles körben a munkát. Következésképpen egy-egy ország jóléte már közel sem a foglalkoztatott munkaerők számától függ, hanem a termelés és a gyártás technikai és műszaki fejlettségétől. Aligha kell ezek után bárkinek is magyarázgatni, hogy az életszínvonal alakulása messze nem attól függ, hogy ki mit tud az ó- és középkorról, a pápaság, netán a munkásmozgalom stb. eseményeiről, hanem hogy milyen a lakosság természet- és műszaki tudományos képzettségi szintje, milyen a technikai kulturáltsága (1. előbb: Marshall-segély). Természetesen az sem baj (és ezen a téren sem állnak rosszul a reáltudományos szakképzettségűek, szemben a fordított esetbeliekkel), ha a szokásos, ún. humánműveltségi szint is megfelelő, kellően magas marad.

Szeretném ismételtelen hangsúlyozni, hogy a leírtakkal közel sem az a célom, hogy bármiféle vitát is gerjesszek, hiszen már kiemeltem, a világ régen túlhaladt azon, hogy ez valós probléma lenne! A fejlődés régen kihúzta a talajt e vita alól, vagyis értelmetlenné és ügyefogyottá tette.

Gondolkodni és gondolkodtatni

Nem régen Debrecenben Villányi Attila saját tankönyvsorozatáról (az elkészült I-III.-ról és a születőben lévő IV. kötetről)⁶ és a kétfokozatú kémia érettségi előkészítéséről tartott nyílt és őszinte tájékoztatást. Egyrészt jó volt tapasztalni, milyen kiváló felkészültségű ember végezte és végzi ezeket az igazán felelősségteljes munkákat. Másrészt azonban, mint csaknem kívülálló, szomorú következtetésre is jutottam: a kémia oktatása még rosszabb helyzetben van, mint ahogyan eddig naivan gyanítottam. Talán az itt szerzett benyomások is késztettek ismét arra, hogy összegyűlt gondolataimat megfogalmazzam és kifejezésre juttassam.

Ha a könyvkiadásnak ez az alcímbebeli mottója, a kémia oktatása keretében is, beteljesedik, akkor mégis reményünk lehet arra, hogy megfelelő alapra helyeződik a társadalom, de ennek érdekében még sok minden mást is meg kell tenni a butaság ellen, az értékrend helyreállításáért és a kellően magas szintű, erkölcsi és tudásalapon álló társadalom megeremtéséért.

Itt is megragadom az alkalmat, hogy elretentő és valóban tiltakozásra késztető példaként idézzem a következő sorokat [2, 8]:

„A magyar óvodákat a világ legjobbjai között tartják számon, s még az általános iskolák is jól szerepelnek a nemzetközi összevetésben. Ugyanezt a középiskolai képzésről már csak nagy jóindulattal lehet elmondani, az egyetemek és a főiskolák pedig nem állják ki a próbát.”

Alig hiszem, hogy az ilyen általánosítás, „summás ítélet” bármilyen mértékben is igaz lehet, és bárkinek is elfogadható lenne. Ezt az érintetteknek vissza kellene utasítaniuk. Ha

⁶ Immár unokáim tankönyvei nyomán kialakult véleményem megerősítést nyert az itt szóban forgó könyvek rövid átnézése után: kétségtelen a tankönyvíróknak az a szándéka, hogy a kiválasztott tananyag feleljen meg az elvárásoknak, de ugyanakkor akaratlanul is csapdába esnek, mert azt is bizonyítani szeretnék (ehhez kell a nagyobb terjedelem), hogy a legújabb tudományos ismeretek szintjén képesek magyarázni, kérdést megfogalmazni stb. Minthogy a most tárgyalt könyvek felépítése (remélhetően) kellően didaktikus, vagyis a gyerekek is megértik, és el tudják sajátítani a nekik szánt részeket, a tanár pedig, mintegy tanári kézikönyvként eredményesen használhatja, „gondolkodtatni tudja” a gyerekeket.

azonban, netán tényleg igaz lenne ez az állítás, akkor szélmalomharc volt és lesz mindaz, amiről itt megkíséreltem képet alkotni. (Netán még annál is elkésőbb a magyar oktatás helyzetének egésze, mint amiről már korábban kifejtettem véleményemet [1, 2, 4, 9]. Alighanem okulnia kellene az O. M. -nek is, felül kellene vizsgálnia tevékenységének a hatékonyságát.)

Meggyőződésem szerint a magyar oktatás mindegyik szintjén nagyon is széles a skála a jók és a kevésbé jók között. A kép tehát sokkal árnyaltabb, mintsem hogy az idézett szerző ilyen kijelentésre vetemedhetne. Kolosi Tamás könyvének ismertetése és a mintegy hatásvadászként a címbe becserkészett, nem véletlenül megnevezett gyerek kapcsán. Az oktatás színvonala ugyanis mindenekelőtt a körülményektől, de legfőképpen a pénzforrások nagyságától függ [2].

Összefoglalás

Anapság gyakran hallhatjuk vagy olvashatjuk, hogy a tudásalapú társadalomé lesz a következő évszázad és részben még az évezred is. Ugyanakkor kevésbé tudhatjuk, hogy milyen tudás, pontosabban mi mindennek a tudása is kell ehhez. Nálunk ugyanis, különösen az utóbbi időben kezd a kép zavarossá és ellentmondásossá válni. A döntést hozó politikusok hosszútávra szóló felelőssége és sürgős feladata lenne ennek a mikéntjének a meghatározása, és a teljes oktatási rendszernek célratörő kiépítése és megszervezése. Általánosan elfogadható arányossággal, vagyis súlyuknak és teljesítőképeségüknek (társadalmi hasznosságuknak) megfelelően kellene a tantárgyakat figyelembe venni, és nem pedig az éppen döntési helyzetbe került személyek önkényének, netán a hozzá nem értőknek kiszolgáltatva dőljenek el, határozódjanak meg a tartalmi és tárgyi feltételek. A nyugodt munkához – természetesen – elengedhetetlen a kellő szintű financiaális háttér is. Ez nem lehet alku tárgya, ezt objektíven el lehet dönteni.

A lakosság egészének sorsa és jövője múlik mindezen. Hiszen ettől a döntéstől függően lehet majd jó vagy rossz az oktatási rendszerünk, de az eredmény mindenképpen valós képet nyújt, vagyis tanúsíthatja az ország gyors előrehaladását, de a lemaradását is. (L. Németország kb. kétharmad része és Törökország fejlettségi szintjének alakulása a II. világháború után a gyakorlatilag azonos összegű Marshall-segélyekből.)

Irodalom

- [1] Szalay T.: Visszhang, avagy gondolatok a természettudományi szakmódszertanok 1999. évi, 3. országos debreceni találkozója nyomán. A Kém. Tan. VIII (1), 17 (2000)
- [2] Szalay T.: Az információrobbanás és a kémia oktatása. (Közlésre beküldve A Kém. Tan.-hoz, 2000. decemberben.)
- [3] Akadémiai kislexikon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989. A-K kötet, 289. oldal
- [4] Szalay T.: A szavak és fogalmak értése és megértése a tájékoztatás és tudatformálás előfeltétele. (A Természet Világa pályázati felhívására 1999. szeptemberben benyújtott pályamunka.)
- [5] Szalay T.: A második tűzgyújtás, avagy az elektromos fényforrások fejlesztésének dialútja, mint előbb, de 2000. szeptemberben.)
- [6] E. U. von Weizsäcker, A. B. Lovins, L. H. Lovins: Faktor Vier. Doppelter Wohlstand - halbierter Naturverbrauch. Der neue Bericht an den CLUB OF ROME. Franz Spiegel Buch GmbH, Ulm, 1995. Buch-Nr. 015289
- [7] Szalay T.: Érdekességek a kémia történetéből V. Az első tüzelőanyag-cella, a durranógáz-elem. (Közlésre beküldve A Kém. Tan.-hoz, 2000. decemberben.)
- [8] Kertész Gy.: Az Orbán-bébi esélyei. Figyelő, 2000/44. nov. 2-8, 22-27. oldal
- [9] Szalay T.: A kémiai (molekuláris) szemléletmód érvényesítése. A Kém. Tan. VII (3), 3 (1999)

Dr. Hollósi Miklós

A humán genom – kémikus szemmel*

Tavaly jutott a világ tudomására, hogy sikerült meghatározni az ember genetikai anyagában, DNS-ében az építőelemek – nukleotidok – 97 százalékanak sorrendjét, szaknyelven szekvenciáját. A humán genom program sikere jelentőségében messze túlszárnyalja a 19. és 20. század legnagyobb tudományos szenzációit, legyen az a holdraszállás vagy az egyiptomi hieroglifák megfejtése. A program sikeres befejezéséről számos tudósítás jelent meg a napisajtóban, hazai és idegen nyelvű tudományos ismeretterjesztő folyóiratokban. Ez a megkészt írás arra vállalkozik, hogy a kémia, a kémikusok nyelvén fogalmazza meg azt, hogy mi is a felfedezés lényege, és milyen szerepet játszottak benne a vegyészek és más tudományterületek képviselői.

A történet kezdete

A történet 1869-ben kezdődött, amikor *Miescher* gennysejtek magvából izolált egy savanyú jellegű, híg lúgban oldódó, foszfortartalmú anyagot, amelyet *nuclein*-nek nevezett el. Hamarosan más forrásokból (halspermából stb.) is sikerült elkülöníteni hasonló természetű anyagot. Kiderült, hogy a nagymolekulájú nukleinsavakhoz kisebb molekulatömegű fehérjék, *protaminok* is kapcsolódnak. *Altmann* (1889) megfelelő módszert dolgozott ki a két anyag elválasztására, tőle származik a *nukleinsav* név is.

Közismert, hogy a nukleinsavaknak két típusa van: dezoxiribonukleinsavak (DNS) és ribonukleinsavak (RNS). Kémiai és enzimatisz hidrolízis módszerekkel sikerült meghatározni a nukleinsavak építőköveinek, a nukleotidoknak a szerkezetét, valamint az őket alkotó purin és

pirimidinbázisok, cukorrészek (D-ribóz, ill. 2-dezoxi-D-ribóz) és a foszforsav kapcsolódási módját.

Ahogy a fehérjék szerkezetvizsgálata során, itt is kezdettől fogva szükség volt a kémikusok és biológusok együttműködésére, hiszen a természetes eredetű minták kezelése biológiai ismereteket igényelt. Nagyon hamar megjelentek az enzimek is (foszfatázok stb.), ezekből a későbbiek során a nukleinsavkutatás igazi sztárjai lettek. A kémiai szerkezetvizsgálat és szintézis főbb lépéseinek ismertetése meghaladja ennek az írásnak a kereteit. Elég, ha néhány nevet említünk: *Emil Fischer*, *Levene*, *Chargaff*, *Todd*, *Carter*, *Cohn*, *Khorana* és munkatársaik. A munka a kémikusoktól sokoldalúságot igényelt, hiszen szükség volt a heterociklusok, a cukrok és a foszforsav kémiájának átfogó ismeretére. Nem véletlen, hogy az első nukleozid szintézis *Fischer* és *Helferich* nevéhez fűződik (1914). A természetes ribonukleozidok szintézisét *Todd* és munkatársai oldották meg (1947), lényegében az ő nevükhöz fűződik a nukleozid-foszfatok – a nukleotidok – szintézisének kidolgozása is.

A szerkezetvizsgálattal párhuzamosan sikerült izolálni néhány *nukleotid-koenzimet* is, amelyek fontos enzimreakciók kémiai „reagensei”. Az adenzin-trifoszfát (ATP), a nukleozid-trifoszfátok (pl. guanozin-trifoszfát, GTP), a nikotinsavamid-adenin-dinukleotid (NAD) és más nukleotid-koenzimek a biokémiai kutatások célpontjai és nélkülözhetetlen segédeszközei lettek: a munkába még a kémiai szerkezet felderítése előtt bekapcsolódtak híres biokémikusok is (*Warburg*, 1931-től).

A végső cél természetesen a nukleinsavak szerkezetének felderítése volt. *Chargaff* volt az,

*Megjelent a Magyar Kémikusok Lapjában is.

aki megfigyelte, hogy a DNS-ben a purinbázisok mólarányának összege közel azonos a pirimidinbázisokéval, sőt az adenin (A) mólaránya megegyezik a timinével (T), valamint a guaniné (G) a citozinével (C) (1950).

$$\begin{array}{l} A = T \\ G = C \end{array} \quad \frac{A + G}{T + C} = 1 \text{ Chargaff-szabályok}$$

Fontos szerep jutott az enzimeknek. A ribonukleáz (Rnáz) pirimidin-ribonukleozidok 3'-foszfátésztereit hasítja. Ismeretesek foszfo-monoészterázok is, ezek vagy a 3'-láncvégről (3'-PME), vagy pedig az 5'-láncvégről (5'-PME) hasítják le a foszfátot. Exotikusabb enzimek a lép-foszfodiészteráz (lép-PDE) és a kígyók (pl. vipera, csörgőkígyó) mérgeből nyerhető kígyóméreg-foszfodiészteráz (kígyóméreg-PDE), előbbi a 3'-foszfátkötés, utóbbi az 5'-foszfátkötés után hasítja el a nukleinsavak láncát. A DNS enzimatis hidrolizise a dezoxiribonukleáz, valamint a lép- és kígyóméreg-PDE segítségével hajtható végre. A kémiai és enzimatis vizsgálatok egyértelműen igazolták, hogy mind

az RNS, mind pedig a DNS nukleotid egységei 3'-5' foszfodiészter-kötéssel kapcsolódnak össze. (1. ábra)

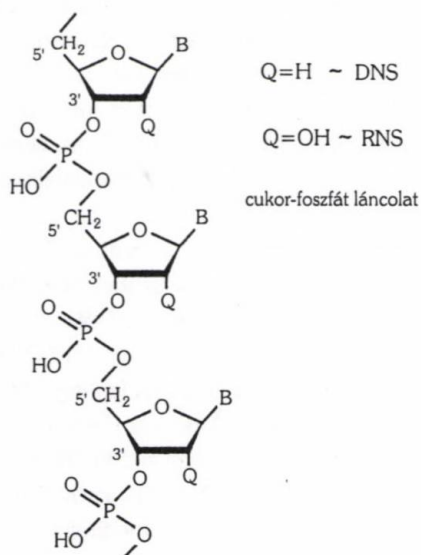
A fentiekben ismertetett vizsgálatok nemcsak a kötéstípus meghatározását, hanem a nukleinsavak bázissorrendjének meghatározását (szekvenálás) is elősegítették. A lebontás során kapott fragmensek azonosítását az egyszerű szerkezetű, de nehezen előállítható oligonukleotidok szintézise tette lehetővé. Ezért a munkáért Todd 1968-ban, Khorana pedig 1975-ben részesült kémiai Nobel-díjban.

A nukleotidszekvencia meghatározása volt az igazi, végső kihívás, hiszen ez az út vezet az élőlények genomjának, kromoszómáinak és génjeinek megismeréséhez. Mielőtt erre rátérnénk, röviden át kell tekintenünk a molekuláris genetika alapjait és legfontosabb eredményeit.

A molekuláris genetika alapjai

A kromoszómakutatás furcsa kezdete az, hogy a svájci botanikus Nägeli, aki 1842-ben 25 évesen elsőként leírta és lerajzolta a kromoszómákat (amelyeket citoblasztoknak nevezett el), két évtizeddel később, a müncheni egyetem professzoraként elutasította egy kézirat publikálását, amely lényegében a kromoszómális öröklődés szabályait írta le. A szerző a brnói matematikus szerzetes, Mendel volt, szabályainak összessége a mendeli öröklődés. A kromoszómákat 40 éven keresztül figyelemre sem méltatták. A „nuclein” izolálása (Miescher, 1869) lendítette előre a kutatásokat. 1882-ben Flemming a sejtmag állományát „chromatin”-nak nevezte el, pontosan leírva a testi sejtek osztódását is („mitosis”). A kromoszóma név a német Waldeyertől származik, a citoblasztok anilinfestékkel történő erős színeződésük alapján (görögül cromos=színes, soma=test). Waldeyer írta le a centromereket is, amelyekhez a sejtosztódás során a mozgást biztosító húzószálak tapadnak.

1902-ben megszületett a kromoszómaelmélet (Sutton), amely szerint a normális fejlődés



1. ábra

A DNS és RNS elsődleges szerkezete.

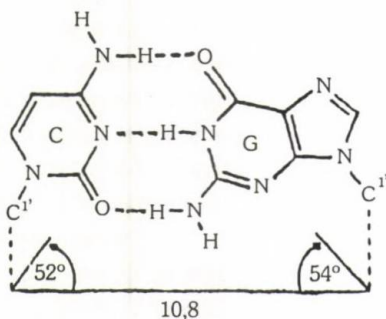
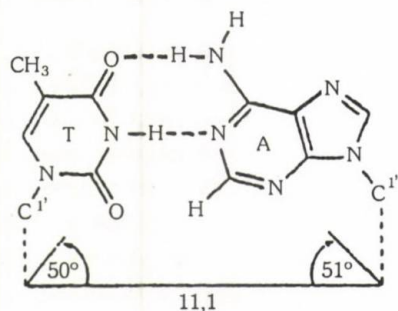
A fiziológiai pH-tartományban a molekula polianionként van jelen

hez a teljes kromoszómaállományra szükség van, az egyes kromoszómák eltérő genetikai tartalommal rendelkeznek, és az egyes kromoszómapárok tagjai függetlenül (véletlenszerűen) jutnak az ivarsejtekbe. A *genetika* név *Bateson*-tól származik (1906).

A mendeli szabályok újrafelfedezését számos ragyogó eredmény, ill. felismerés követte. Bebizonyosodott, hogy a gének sorrendje meghatározott az egyes kromoszómákon, azaz a *kromoszómatérkép* (citológiai térkép) és a *gén-térkép* (genetikai térkép) azonos.

1946-ban *Muller* a röntgensugarak mutagén hatásának felismeréséért Nobel-díjat kapott. *Morgan* a kromoszómák öröklésben betöltött alapvető szerepének felismeréséért részesült ebben a kitüntetésben (1933).

Ezt követte a baktérium- és fág-genetika születése és a *molekuláris genetika* kialakulása.



2. ábra

A DNS kettős hélix (B-hélix) szerkezetét rögzítő, a T-A és C-G bázispárok között kialakuló stabilis intramolekuláris H-kötések. A bázispárok síkja közel merőleges a hélix tengelyére.

A DNS genetikai szerepét a tüdőgyulladást okozó pneumococcus baktériumok esetében igazolták elsőként (*Griffith*, 1928). 1944-ben vált elfogadottá, hogy a genetikai információt a DNS bázisai hordozzák, míg a cukorrésznek és a foszfátcsoportnak csak szerkezeti, rögzítő szerepe van. Ez a felismerés mérföldkő a biokémia történetében, hiszen egészen 1944-ig úgy gondolták, hogy a genetikai információt a kromoszomális fehérjék hordozzák. Szellemes kísérletekkel igazolták, hogy a baktériumokat fertőző vírusok, a *fágok* (pl. az *E. coli* T2 bakteriofágja) nem a fehérje, hanem a DNS részükön keresztül fertőznek. A következő mérföldkő a DNS kettős hélix szerkezetének meghatározása volt. *Franklin* és *Wilkins* DNS rostokon végzett röntgenkristallográfiai vizsgálataiból *Watson* és *Crick* levezették a DNS kettős hélix szerkezetét és ezzel együtt a *replikáció* mechanizmusát. A *replikáció* szemikonzervatív, ami azt jelenti, hogy az anyai DNS mindkét szálja templátként szolgál a DNS szintézis során és változatlan formában kerül át az utódokba. A két szál a hőmérséklet emelésével elválasztható egymástól, ezt hívják *olvasztásnak* (*melting*). (2. ábra)

A kettős hélix a DNS szerkezeti szerveződé-
sének második szintje, vagyis a *másodlagos szerkezet*. (Ismertek egyéb hélixek is, elsősorban az RNS hajlamos A-, ill. Z-hélix kialakulására.)

A DNS molekula óriási méretű, a polyoma vírus (SV40) genomja a legkisebbek közé tartozik, mindössze 5100 bázispárból áll (5,1 kb; kilobázis), hosszúsága 1,7 nm (17.000Å), összehasonlításképpen: az egyik legnagyobb fehérje, a kollagén 3000 Å hosszú (1Å=0,1 nm). A teljes humán genom közel 6.000.000 kb-ból épül fel, hossza 1-2 m! Nyilván a rövid távon botszerű kettős hélix (B-hélix) meghajlik, összekerekedik. Ez már a *harmadlagos szerkezet*. Elektronmikroszkópos vizsgálatokból tudjuk, hogy ismeretesek gyűrűs (cirkuláris) DNS-ek is, ezek lehetnek *relaxáltak* és *superhelikális* (supercoil) szerkezetűek. A szervezethez (cső-

magoltság) legmagasabb szintje a *kromoszóma*, ez már bonyolultabb, mint a fehérjék negyedleges szerkezete, mivel a DNS mellett fehérjéket (főleg hisztonokat) is tartalmaz. Néhány vírus DNS-e egyszálú, nem követi a *Chargaff*-szabályokat. Kiderült azonban, hogy a megfertőzött baktériumsejtben már kettős hélix szerkezetű. Még meglepőbb felfedezés volt, hogy egyes vírusok örökletes anyaga nem DNS, hanem RNS. A dohányynövényt fertőző dohány-mozaikvírus 6,39 kb hosszúságú helikális RNS molekula, amelyet 2130 azonos fehérjemolekula vesz körül. A hélix egyszálú, nem hasonlít a szerkezet a DNS B-hélixéhez, inkább A-hélix-szerű.

A DNS közvetlenül nem vesz részt a fehérjeszintézisben, az információt a *messenger* (hírvivő) RNS (*mRNS*) közvetíti.

DNS → mRNS → fehérje
átírás fordítás

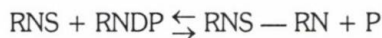
A *transzkripció* (átírás) során keletkező RNS információtartalma a *transzláció* (fordítás) folyamatában meghatározza a fehérje szekvenciáját, aminosavsorrendjét. Ismeretek más RNS molekulák is. A *riboszomális* RNS (*rRNS*) a fehérjeszintézis helyszínénél szolgál riboszómában található, három különböző méretű formája ismeretes. A fehérjék építőköveit, az aminosavakat is RNS szállítja a szintézis helyére, ez a *transzfer* RNS (*tRNS*). Eukarióta sejtekben egyéb RNS is található, a *small nuclear RNS* (*snRNS*) a szerkesztésben (*splicing*) vesz részt.

Az *mRNS* a DNS RNS-komplementere, könnyűszerrel „előállíthatók” (akár kémcsőben is) DNS-RNS hibrid kettős hélixek, ha a szekvenciák komplementerek (egymást kiegészítők). A vegyes hélixben a C-G bázispár változatlan, az A-T bázispár helyett A-U található. Az RNS szintézis során a DNS szolgál templákként. Az átíráshoz szükséges DNS szakaszt speciális szekvenciák jelölik ki, ill. segítik, ezeket *promoter*, *enhancer* ill. *terminátor szekvencia* néven ismerjük. Az át-

írást vezérlő jelek különböznek a prokariótákban és eukariótákban. Az *E. coli* zárószakasza (*terminátor*) egy hajtűszerű szerkezeti elem, amely UUUU-3'-OH nukletidokkal végződik, de befejeződhet az átírás egy *rho* nevű fehérje közreműködésével is.

Az *mRNS* a fehérjeszintézis templátja, az aminosavakat a *tRNS* szállítja a szintézis helyére. A kérdés az, hogy mi kódolja az aminosavsorrendet? Egybetűs (egynukleotidos) vagy kétbetűs kód nem elegendő, hiszen ezek csak 4, ill. 16 aminosavrészt határoznának meg. Három nukleotid esetén viszont 64 kód lehetséges. Kérdéses a kód írásmódja is. (Van-e írásjelek, betűközők, van-e átfedés a kódok között?)

A genetikai kód feltörése 1961-ben kezdődött, amikor egyetlen DNS és *mRNS* szekvenciája nem volt még ismeretes. Most is genetikusok, biokémikusok és vegyészek együttműködése vezetett a sikerhez, *Nierenberg* fedezte fel, hogy a poliuridilsav [poli(U)] egy sejtmentes fehérjeszintetizáló rendszerhez adva poli(fenil-alanin)-t eredményez, ami azt jelenti, hogy a fenil-alanin nevű aminosav kódja az UUU triplet. A kulcsszerepet egy enzim – a *polinukleotid-foszforiláz* – játszotta, amelyik templát közreműködése nélkül képes az alábbi reakció katalizására:



(RNDP = ribonukleozid-difoszfát, P = foszfát)

További segítséget jelentett az a felismerés, hogy trinukleotidok segítik a nekik megfelelő *tRNS* kötődését a riboszómához, ha ott nem folyik fehérjeszintézis. (Például: a pUUU trinukleotid a fenil-alanin – *tRNS* kötődését segíti elő; a p itt 5'-foszfátot jelent.) Majd ismét egy briliáns kémikusi teljesítmény, *Khorana* kémiai és enzimatiszter módszerek kombinálásával számos ismétlődő poli(dinukleotid)-ot, poli(trinukleotid)-ot és poli(tetranukleotid)-ot állított elő. Ezeket sejtmentes fehérjeszintetizáló rendszerben templákként használva az általuk kódolt

polipeptidek képződtek. A poli(UG) poliribodinukleotidból a

UGU|GUG|UGU|GUG|UGU

Cys – Val – Cys – Val – Cys

poli(CysVal) polidipeptid keletkezett, vagyis az UGU a Cys (cisztein), a GUG pedig a Val (valin) aminosav kódja.

Ez a fáradságos, de látványos munka vezett a genetikai kód megfejtéséhez, ami az egyiptomi hieroglifák jelentésének felderítéséhez hasonlítható. (Mint ismeretes, a Rosetta követőn ugyanaz a szöveg „három nyelven” olvasható, a hieroglifák mellett görög és demotikus – népi görög – nyelven.) A genetikai kód degenerált, némelyik aminosavnak több kodonja is van (pl. a Phe kodonja az UUU mellett az UUC); továbbá az UAA, UAG és UGA stop-kodonok. Vannak természetesen start-szignálok is, ezek egyike a Met (metionin) aminosavat kódoló AUG, de eukariótákban az mRNS 5'-végehez közel található még egy cap (sapka) nevű szekvencia is, amely módosított bázisokból áll.

Fontos vonásai a genetikai kódnak az *univerzális* (közel általános) és a *kolineáris* (párhuzamos) jelleg. A kodont a tRNS antikodonja ismeri fel, a kódolt aminosav (a fenil-alanin tRNS-ének antikodonja az AAA, amely az UUU kodont „H-kötéseken keresztül” ismeri fel). Hamarosan az is kiderült, hogy az átírt mRNS-ben vannak értelmetlen – fehérjeszekvenciáknak nem megfelelő – szakaszok is. Ezek az *intronok*, amelyek a *szekvesztés* vagy *vágás* során (*splicing*) „kivágódnak” az elsődleges átíratból, úgy ahogy ez egy mozifilm vágása során történik. A szekvesztés után az exonok maradnak csak, ezek együttese alkotja az érett mRNS-t. A vágást a *spliceosome* végzi, amely nem más, mint fehérjék és az snRNS molekulák együttese.

Az exonok legnagyobb része fehérjéket kódol. Prokarióták génjei folytonosak, nem tartalmaznak intronokat. Az intronok beiktatása az evolúció előtt nyitott teret, lehetővé téve a különböző tulajdonságokat hordozó exonok kombinálódását.

A biológiai evolúció kezdetén fehérjeenzimek nem léteztek. Ma már bizonyítottak tekinthető, hogy az RNS megelőzte a DNS-t, kezdetben információhordozó és enzimatis funkciója is volt. Az RNS enzimek a ribozimek; bizonyos egysejtű lényekben (pl. *Tetrahymena*) egy riboszomális RNS prekursor-RNS-e önszerkesztésen megy keresztül, vagyis saját maga katalizálja a szükségtelen szakasz kihalását.

A DNS bázissorrendjének meghatározása

Egy élőlény genomja nem más, mint a kromoszómáiban található DNS teljes mennyisége. Az *E. coli* nevű baktériumnak egyetlen kromoszómája van, a DNS 4000 kb méretű, ez 1360 nm kontúrhosszúságnak felel meg. Az ember 23 haploid kromoszómáját alkotó DNS közel 6.000.000 kb (6×10^9 bázispár) méretű és közel két méter hosszú. A bázissorrend meghatározás a DNS izolálásával, tiszta állapotban történő kinyerésével kezdődik. A nukleinsavakat először fehérjementesíteni kell, ez oldószeres kicsapással, detergenses kezeléssel és részleges enzimatis emésztéssel történhet, DNS izolálása esetén az RNS-t is el kell távolítani. Az RNS és DNS ultracentrifugálással is elválaszthatók egymástól. Ügyelni kell az exogén nukleázokra, amelyek könnyen bejuthatnak a preparátumba, és elemészthetik mind az RNS-t, mind pedig a DNS-t. Ezek ellen az enzimek ellen kelátorokkal (pl. etilén-diamin-tetraecetsav, EDTA) védekezhetünk, amelyek megkötik a DNázok és RNázok működéséhez szükséges Mg^{2+} -ionokat. Az izolálás során rendkívüli óvatosság szükséges, hiszen az óriásmolekulák mechanikai nyíróerők hatására is széttöredeznek.

Nagyobb méretű DNS molekulák egy lépésben történő szekvenálására nincs lehetőség. Ilyenkor irányított módon (pl. enzimek segítségével) igyekszünk a DNS-t kezelhető méretű szakaszokra vágni. Ezeket természetesen el kell tudni választani egymástól. A nukleinsavak és

polinukleotidok elválasztásánál korlátozottan használhatók a fehérjéknél alkalmazott módszerek (papír- és vékonyréteg-kromatográfia, ioncserélő kromatográfia, gélszűrés stb.) A hidroxipapatit $[Ca_5(PO_4)_3OH]$ töltetű oszlopok specifikus kötődés révén különösen alkalmasak a kettős hélix szerkezetű DNS-ek izolálására. Használható az úgynevezett terminális kromatográfia és az affinitás kromatográfia is.

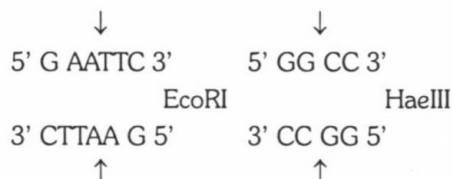
Kisebb méretű nukleinsavak *elektroforetikus módszerekkel* (pl. poliakrilamid gélelektroforézis) választhatók el. Nagyobb molekulák (pl. plazmidok, l. később) elválasztására agaróz gél alkalmas, 100 kb felett pulsed-field (változó térerő irányú) elektroforézist kell alkalmazni. A kimutathatóság érzékenysége *speciális festési technikákkal* javítható. A planáris aromás, többgyűrűs kation szerkezetű festékek beékelődnek a bázispárok közé, miáltal megnő az ultraibolya fényben mutatott fluoreszcenciájuk: így már 50 ng DNS is kimutatható.

Általánosan alkalmazott biokémiai módszerek az *ultracentrifugálás* és az *úgynevezett blotting (átítítás)*. Ezek közül az elsőt *Southern blotting* (átítítás). Ezek közül az elsőt *Southern blotting* lényege az, hogy a gélelektroforézis után a gél NaOH-oldatba merítjük, ahol a DNS egyszálúvá válik. Ezután a gél nitrocellulóz lapra helyezzük, és egyszerű átítatással (vagy elektroforetikus) a DNS-t a nitrocellulóz lapra vesszük át. A nitrocellulóz csak az egyszálú DNS-t köti meg, ugyanott ahol a gélen volt. Szárítás után a lapot olyan oldatba merítjük, amely ^{32}P izotóppal jelölt komplementer DNS-t vagy RNS-t tartalmaz. Ez az úgynevezett DNS vagy RNS próba. Többórás, megfelelő hőmérsékleten történő inkubálás után a próba hibridizál a komplementer szekvenciát tartalmazó DNS-sel. Mosás és szárítás után autoradiográfiás detektálást alkalmazunk, csak azok a DNS sávok válnak láthatóvá, amelyek az ismert szekvenciájú próba komplementer szekvencia-szakaszait tartalmazzák. Így válik lehetővé gének vagy gén-

szakaszok izolálása és azonosítása. Természetesen ismernünk kell az alkalmazandó próba vagy próbák szekvenciáját és elő is kell tudnunk azokat állítani.

Azok a csodálatos enzimek

Az enzimek kezdettől fogva kiemelkedő szerepet játszottak a nukleinsavkutatásban. Gondoljunk csak a genetikai kód megfejtése során alkalmazott *polinukleotid-foszforilázra*, vagy az *exotikus kígyóméreg-foszfodiészterázra*. A nukleinsav-szekvenálás és a géntechnológia legfontosabb eszközei azonban a *restrikciós enzimek*, amelyek specifikus úgynevezett *palindróm* szekvenciákat hasítanak. (A palindróma azt jelenti, hogy egy szó vagy mondat előlről és hátulról olvasva azonos, pl. radar; madam, I'm Adam; indul a görög aludni) A restrikciós enzimeket elsősorban prokarióták „használják” idegen eredetű DNS lebontására. Saját DNS molekuláikat a hasítási hely közelében metilezés védi. Az *E. coli* EcoRI restrikciós enzime az alábbi módon hasít, a HaeIII enzim specifikitása különböző.



Látható, hogy az elhasított kettős hélix szakasznak kétfogású szimmetriatengelye van, a palindróm jelleg nem az egyik vagy a másik láncon belül jelentkezik. Az ismert képviselők száma több mint száz, a hasítási hely különböző, de azonos is lehet (pl. a HaeIII esetében). A különböző r. enzimek úgy hasítják az óriási DNS molekulákat, hogy a restrikciós fragmensek jellegzetes ujjlenyomatot alkotnak. Különböző r. enzimeket alkalmazva elkerülhető az a nehézség is, ami több hasítási hely jelenlétéből adódik, az átfedő fragmensek lehetővé teszik a hosszú DNS láncok egyértelmű összerakását. A r. enzimek felfedezéséért *Arker, Smith és*

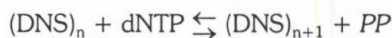
Nathans részesült Nobel-díjban (1978). Ami talán még fontosabb: a hasadási helyeken elvágtat láncok a DNS ligázok segítségével újra egyesíthetők. Így a két enzim együttes alkalmazása lehetőséget teremt a gének „szabásárvarrására”, sőt mi több, új tetszőleges DNS szakaszok beépítésére is (l. később).

A másik csodálatos, az ember szolgálatába állított enzim a *Taq* DNS polimeráz. Ez az enzim a hőforrásokban élő baktériumból, a *Thermus aquaticus*-ból származik, és 72°C az optimális működési hőmérséklete, de kibírja a 95°C-ot is. A *Taq* polimeráz a *polymerase chain reaction* (PCR), vagyis a *polimeráz láncreakció* kulcsenzime. Ez a módszer lehetővé teszi akár egyetlen DNS molekulából 10^9 másolat elkészítését kevesebb mint egy óra alatt (l. később). Kiemelkedő elméleti és gyakorlati hasznossága miatt a PCR módszer kifejlesztőjét, Mullis-t is Nobel-díjjal tüntették ki (1993).

Kiemelkednek a DNS polimerázok is. Az elsőt Kornberg különítette el az *E. coli*-ból 1958-ban. A DNS polimeráz I a DNS szintézisét katalizálja.

(Ismeretes két másik típus is, a DNS replikációjában több mint 20 fehérje is részt vesz).

A DNS polimeráz I egy 103 kd tömegű, egyszálú fehérje. Az alábbi reakciót katalizálja:

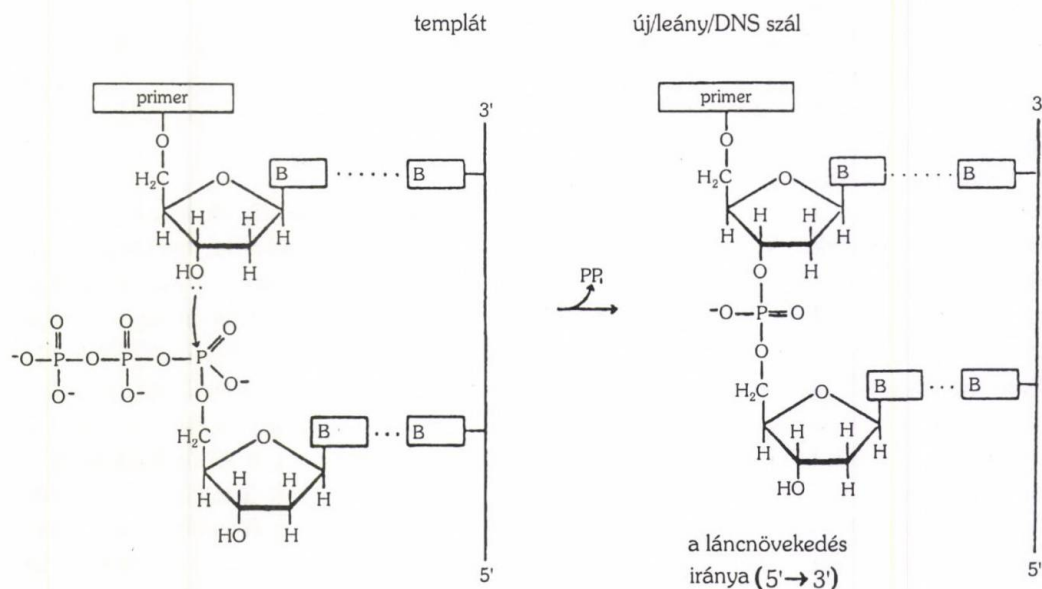


(az n a DNS-t alkotó nukleotidpárok számát, a dNTP nukleozid-trifoszfátokat (dATP, dGTP, dTTP és dCTP), a PP pirofoszfátot jelent).

Az enzim működéséhez az alábbiakra van szükség:

1. Négy dezoxinukleozid-trifoszfát
2. Mg^{2+} -ionok
3. DNS templát (egyszálú vagy töredezett kétszálú)
4. Indítószekvencia (primer)

Mint a 3. ábrán látható a primer 3'-OH csoportja intéz nukleofil támadást a trifoszfátok legelső foszfátcsoportjára, a reakciót a távozó pirofoszfát hidrolízise tolja el a felső nyíl irányába. A láncnövekedés 5' → 3' irányába történik (3. ábra)



3. ábra
A DNS polimerázok működési mechanizmusa

Kiderült, hogy az I-es polimeráz a templáthoz nem illő nukleotidokat is eltávolítja, vagyis egyfajta *korrigáló, javító enzim*. De a biológiai evolúció egyik csodája mégsem az I-es, hanem a III-as polimeráz.

A kémia hozzájárulása

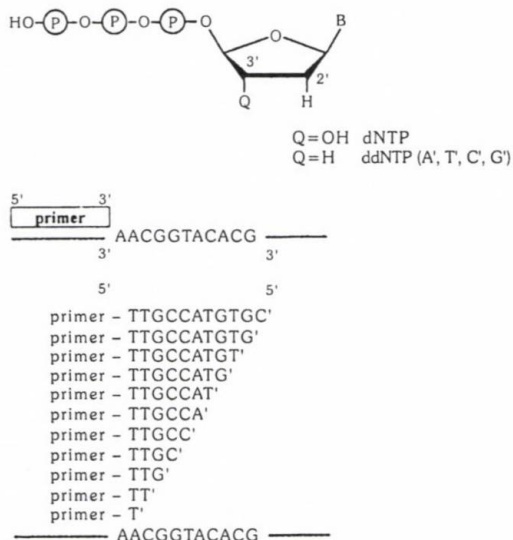
A géntechnológia kifejlődésében kezdettől fogva fontos szerep jutott a kémiának. Gondoljunk csak a bázisok, nukleozidok, nukleotidok szerkezetvizsgálatára és szintézisére és az ezeket a munkákat segítő elválasztástechnikai és spektroszkópai módszerek kidolgozására. Van azonban két terület, ahol a kémikusok látványos eredményeket értek el, döntő mértékben felgyorsítva a kutatásokat.

Az egyik a DNS bázissorrendjének meghatározása (szekvenálás). Számos hatékony eljárás ismeretes, a legszellemesebb közülük a Sanger által kifejlesztett *didezoxi módszer*. Érdekessége az, hogy nem lépésenkénti lebontáson, hanem az enzimkatalizált DNS szintézis irányított megszakításán alapul. Szükséges négy radioaktív jelölést tartalmazó dezoxinukleozid-trifoszfát (dNTP), valamint didezoxi analógjaik (ddNTP). Ezek dezoxiribóz gyűrű helyett 2', 3'-didezoxiribózt tartalmaznak. A láncba beépülnek (1. a DNS polimeráz működését bemutató ábrát), de meggátolják a lánc növekedését, mivel hiányzik a nukleofil támadást intéző 3'-OH csoport. Négy szintézisvonal van, mindegyiknél jelen van mind a négy dNTP, valamint a négy ddNTP valamelyike, kis mennyiségben. Ahol beépül a láncba, ott megszakad a szintézis. Mivel a normális, növekedést lehetővé tevő dNTP feleslegben van, a láncok többsége tovább szintetizálódik, amíg a ddNTP le nem zárja a növekedést. Nyilvánvaló, hogy mindegyik szintézisedényben valamelyik nukleotiddal befejeződő láncok vannak (ahol ddATP volt jelen, ott a láncok A-val fejeződnek be), ezek gélelektrolízissel szétválaszthatók a méretükből adódó mozgékony-ságkülönbség alapján (a hosszabb láncú DNS

kevésbé „fut”). A négy elektroforézis-vonalat egybeolvasva a szekvencia megállapítható. (4. ábra)

Különböző „színű” fluoreszcens jelölést alkalmazva az érzékenység megnövelhető, és a módszer könnyűszerrel automatizálható, lehetővé téve nagyobb DNS molekulák szekvenciaanalízisét. Ezzel a módszerrel határozták meg a 16.596 bázispárt (bp) tartalmazó emberi mitokondriális DNS teljes szekvenciáját. Ez egy kétszálú gyűrűs DNS, amely két rRNS-t, 22 tRNS-t és 13 fehérjét kódol. Nemrég közzéték egy élesztő kromoszóma (310.000 bp) teljes szekvenciáját, a munkában 35 laboratórium vett részt. Nem véletlen, hogy didezoxi módszer kifejlesztéséért Sanger megkapta a második kémiai Nobel-díjat is 1980-ban (az elsőt a fehérjék, elsősorban az inzulin szerkezetvizsgálatáért ítélték oda neki 1958-ban).

A kémia másik nélkülözhetetlen hozzájárulása a *szilárdfázisú oligonukleotid szintézis*. Az alapok már adva voltak, hiszen a szilárdfázisú peptidszintézis megvalósításáért az úttörő Merrifield már Nobel-díjban részesült (1984). Az oligonukleotidok peptidektől különböző ké-



4. ábra

A Sanger-féle didezoxi-módszer

miai tulajdonságai miatt más hordozót és védőcsoportokat kellett választani. Az aktivált monomer egy protonált 3'-foszforamidit (ez a P(III) vegyület megfelelőbb mint a Todd által kifejlesztett aktivált P(V) foszfátészterek), a szintézis 3' → 5' irányba halad. Egy ciklus 10 percig tart és 98%-os hozammal hosszabbítja meg az oligonukleotid láncot. A módszer 100 nukleotid méretű „oligok” előállítását is lehetővé teszi, radioaktív izotóppal jelölt formában is. A kellenél rövidebb oligonukleotidok kromatográfiás (HPLC), vagy elektroforetikus módszerekkel távolíthatók el.

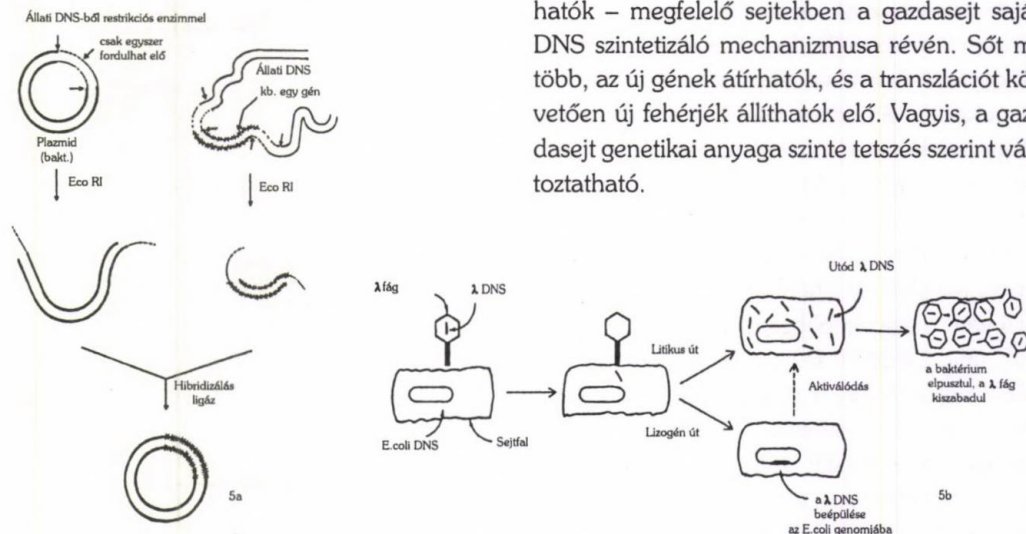
A módszer alkalmas a DNS szintézist elindító primerek szintézisére (ezek általában dekanukleotid méretűek), génszakaszok, vagy gének módosítására, vagy akár új gének előállítására is. Egyik legsikeresebb alkalmazása az úgynevezett oligonukleotid próbák elkészítése. Ezek a komplementer DNS szakaszhoz hibridizálódnak, és elárulják a komplementer rész szekvenciáját. Emellett lehetővé teszik egy komplementer szakaszt tartalmazó DNS (vagy inkább DNS töredék) „kihalászását” is.

A hibridizációs közelítés (sequencing by hybridization, SBH) a DNS szekvenálás újszerű

közelítését tette lehetővé. A DNS-chip-ek olyan ~1,6 cm² területű lemezek (ez egy hüvelykujj körülnyi terület!), amire fotolabilis 5'-védőcsoport és fotolitografikus szűrő alkalmazásával fel lehet kötni 65.536 oktanukleotidot, vagyis az összes lehetséges oktamer (4⁸). A vizsgálandó célszekvenciát (target) fluoreszcens festékkel jelöljük és összehozzuk a chip-pel. Megtörténik a kötődés, de csak a komplementer szakaszoknak megfelelő pontokon. A főleg kimosása után a chip csak ott fluoreszkál, ahol köti a jelölt célmolekulát. Mivel a fluoreszkáló pontokon található próbaszekvenciákat ismerjük, meg tudjuk mondani a target bázissorrendjét.

A rekombináns DNS technika (géntechnológia)

Az előző fejezetekben leírt enzimatikus és kémiai módszerek megnyitották az utat a gyakorlati alkalmazások előtt. Berg (Nobel-díj, 1980), Boyer és Cohen úttörő munkássága a 70-es évek elején a rekombináns DNS technika kifejlesztéséhez vezetett. Ennek lényege az, hogy új génszakaszok és gének állíthatók elő laboratóriumi körülmények között. Az új génkombinációk klónozhatók – vagyis megsokszorozhatók – megfelelő sejtekben a gazdasejt saját DNS szintetizáló mechanizmusa révén. Sőt mi több, az új gének átírhatók, és a translációt követően új fehérjék állíthatók elő. Vagyis, a gazdasejt genetikai anyaga szinte tetszés szerint változtatható.



5. ábra
A plazmidok és a fág vektorok működési elve

A tudomány „haszonállatai” ezen a területen az *E. coli* baktérium és az élesztőgomba. *Vektornak* (*vector*) nevezzük az adott szervezet esetében azt a DNS-t, ami autonóm sokszorozódásra képes. Az *E. coli* esetében használható vektorok a *plazmidok* és a *fág* nevű vírus. A gyűrűs DNS plazmidok úgynevezett járulékos kromoszómák, amelyek nem tartoznak a mikroorganizmus genomjához, hanem inkább a védekezést segítik elő. Az antibiotikum-rezisztenciáért is a plazmidok felelősek, egyetlen rezisztens baktérium 20 plazmidot is tartalmazhat. A restrikciós enzimek segítségével úgynevezett *tapadóvégek* alakíthatók ki, amelyek lehetővé teszik az új DNS-szakasz vagy gén beékelését. A lényeg az, hogy mind a plazmid, mind pedig az új DNS szakasz hasítható legyen a választott restrikciós enzim segítségével. Az antibiotikum-rezisztencia elvesztése indikátorként szolgálhat, jelezve, hogy sikerült az új DNS-t beépíteni, elrontva a rezisztencia-gént. Ha a vektor nem tartalmaz megfelelő hasítási helyet, úgy oligonukleotid szintézissel elő lehet azt állítani és hozzá lehet kapcsolni a vektorhoz. (A kapcsoló DNS-szakaszt *linkernek* nevezzük.) Így módon lehetőség nyílik *kiméra* DNS molekulák előállítására, amelyek egymással kapcsolatban nem álló génekből épülnek fel.

A plazmid-módszer hatásfoka csak mintegy 0,1%, az idegen DNS mérete pedig korlátozott (néhány kb mindössze). (5.a ábra)

Általánosabban alkalmazható vektorok a *bakteriofágok*. A fág működési mechanizmusát az 5b. ábra mutatja be. A lítikus út a vírusok gyors elszaporodását eredményezi a gazdasejten belül. Egy virális DNS molekula 100 utódvírust (*viriont*) is eredményezhet a gazdasejt halála előtt. Ezt követően az utódvírusok közel két nagyságrenddel több baktériumot is megfertőzhetnek. A *lizogén út* alattomosabb: a virális DNS beépül a gazdasejt cirkuláris DNS genomjába anélkül, hogy elpusztítaná azt. A gazdasejt tovább szaporodik – újabb és újabb „fertőzött genomú” baktériumot hozva létre – egészen addig, amíg valamilyen külső hatásra

(ilyen lehet a hőmérséklet-emelkedés temperált fág esetén) a virális DNS ki nem szabadul és el nem kezdődik a lítikus út szerinti szaporodása, ami a gazdasejt pusztulásáig tart.

A fág genomja lineáris, két végén egy-egy 14 bp hosszú DNS-szakasz található (úgynevezett *cos* hely). Ezek a helyek az egyik virális fehérje hatására hasadnak tapadóvégek képződése közben. (Erre a vírusfej fehérjeburkának kialakulásához és a vírus DNS „bepakolódásához” van szükség.)

Igen hasznos az *M13 fág*, amely nem pusztítja el a fág gazdasejtet. Generációnként mintegy ezer utód keletkezik. Így nagy mennyiségű M13 nyerhető (kb. 1g 10 dm³ sejt kultúrából).

Mesterséges vektorok a *kozmidok* (*cosmid*), amelyek a I fág *cos* helyei mentén gyűrűbe záródott, kétszálú DNS molekulák. Tartalmaznak egy rezisztenciagént (ami a szelektáláshoz szükséges), egy replikációs kezdőpontot (*origót*), ami a gazdasejtben plazmidszerű (autonóm) szaporodásukat teszi lehetővé, valamint egy olyan régiót, amely több restrikciós endonukleázzal hasítható és így idegen DNS befogadására alkalmas (egészen 40 kb méretig). A kozmid vektorok a gazdasejtet vírusként fertőzik, de abban már plazmidként szaporodnak.

Mesterséges vektor a YAC (*yeast artificial chromosome*) is, amely élesztősejtekben szaporodik. Segítségével 100-1000 kb nagyságú DNS is klónozható az élesztő genomjába beépítve. Végül ismereteseek *komp* (*shuttle*) vektorok is, ezek élesztőben és baktériumokban is képesek szaporodni.

Az emberi genom meghódítása

Az emberi (humán) genom 6x10⁹ bp méretű (kezdetben 2,9x10⁹ bp-ról olvashatunk), nyilvánvaló, hogy nincs olyan vektor, ami befogadná. Még akkor sem, ha mind a 23 kromoszómához külön vektort használnánk. Az óriási DNS láncokat apróbb darabokra kell tördelni (mechanikai erők révén), vagy részlegen emészteni restrikciós enzimek segítségével. A szükségesnél nagyobb vagy kisebb

fragmensek gélelektroforézissel távolíthatók el. (λ fág alkalmazásánál az átlagméret kb. 15 kb). Kapcsoló (linker) DNS darabokat illesztünk a fragmensek végére, tapadóvégeket alakítunk ki, majd a fragmenseket bevisszük a vektorba, ami lehet a λ fág genomja, amelyből a replikációhoz nem szükséges részt eltávolítottuk. Megfertőzzük a módosított λ fággal az *E. coli* kolóniát. Megfelelően hosszú idő után a teljes emberi DNS átfedő fragmensei kellő számú vírionban lesznek jelen. Ezt nevezzük *genom könyvtárnak* vagy *genomtárnak* (6. ábra). A genomtárban meg kell keresnünk a keresett DNS-darabokat: egyetlen gén teljes DNS szekvenciájának megtalálása mintegy 500.000 klón szűrését (screening) igényli. Lényegében a Southern-blotting (átítítás) módszerét alkalmazva ^{32}P izotóppal jelölt próba felhasználásával megkeressük a komplementer szekvenciát tartalmazó klont. Honnan tudjuk, hogy milyen próbára van szükség? Ha ismerjük a keresett gén által kódolt fehérje aminosavsorrendjét, úgy visszakövetkeztethetünk a DNS szekvenciára, de alkalmazhatunk immunológiai módszert, vagy megkereshetjük az mRNS-t is. A problémák részben megoldhatók kozmid vagy YAC alkalmazásával, amelyek egyre nagyobb DNS darabokat képesek befogadni. További segítséget jelent az úgynevezett *kromoszómális séta* (chromosome walking), amely lépésről lépésre, a próbakészítés és szekvenálás ismétlésével tel-

jes gének, esetleg kromoszómák szekvenciaanalízisét is lehetővé teszi.

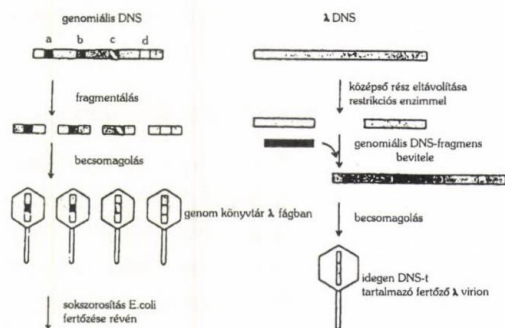
A humán genom 6×10^9 bázispárt tartalmaz. 15.000 bp méretű fragmensekkel számolva 200.000 λ fág vírus elvben a teljes humán genomot tartalmazni fogja. Egyes géndarabok véletlenszerűen több fágban is előfordulnak, mások egyikben sem, így közel 2×10^6 „fajta” fágot kell átvizsgálni, hogy megtaláljuk a genomnak megfelelő teljes genom könyvtárát (6. ábra). (Egy 12 cm átmérőjű Petri-csészében mintegy 20.000 fág klón vizsgálható.)

A humán genom programok sikerét 2000 tavaszán jelentették be. A teljes genom mintegy 97%-át sikerült feltérképezni. A humán genom (HUGO) program 1990-ben indult be az USA Kormányának és Közegészségügyi Intézetének (NIH), valamint a brit Wellcome Trust vállalkozásnak a támogatásával. 1998-ban beszállt a versenybe a Celera Genomics nevű vállalat, majd szekvenáló robotokat gyártó cégek is. (Az igazsághoz hozzátartozik, hogy a HUGO program eredményeit folyamatosan közzétették a tudományos folyóiratokban, így a versenytársak számára hozzáférhetőek voltak.)

A két munkacsoport különböző stratégiával dolgozott. A HUGO kutatói a genomot átfedő darabokra tördelték és a darabokat – mint a dominókat – egymáshoz illesztették, amíg további illeszkedő darabot már nem találtak. Így 23 alakzathoz, az ember 23 kromoszómájához jutottak el. Mind-egyik egy óriási DNS molekula, az utolsó lépés a közel teljes nukleotidsorrend meghatározása volt.

A Celera munkatársai nem törődtek a kromoszómákkal, a genomot a legdrasztikusabban apró darabokra törték, és teljesen a számítógépekre bízta, hogy a szekvencia ismeretében összerakja a teljes genomot. Nyilván a HUGO eredményeire is támaszkodva meglehetősen gyorsan végeztek és ugyanarra az eredményre jutottak, mint a HUGO program kutatói. A világraszóló eredményt végül közösen jelentették be, mint az emberiség közös sikerét.

Mit jelent a 97%, sokat vagy keveset? Nos, a hiányzó 3%-nyi bázispár óriási szám, hiszen



6. ábra

A λ fág vektor alkalmazásán alapuló genom könyvtár

a 6×10^9 három százalékáról van szó. A hiányzó szakaszok ismétlődő bázispárokból állnak, és nem hajlandók sem baktériumokban, sem pedig élesztőben sokszorozódni. Márpedig a vizsgálati minták DNS tartalmát meg kell sokszorozni (klónozni), hogy a vizsgálatok elvégezhetőek legyenek. Ami lényeges viszont: a gének bázissorrendje teljes mértékben ismertté vált. (Vigyázat: ne használjuk a *géntérkép* szót, ez mást jelent: az egyes gének elhelyezkedésének sorrendjét a kromoszómákon belül.) Amit sikerült meghatározni: az a teljes genom 97%-ának nukleotid- vagy bázissorrendje. (Ha már térkép, legyen genom-térkép!) De mit is értünk génen? A gének szűkebb értelemben fehérjéket kódolnak – minden egyes bázis triplet egy aminosavat határoz meg a fehérjeszekvenciában. De kódolva vannak a ribonukleinsavak is, az mRNS nyilvánvalóan, de az összes többi is (rRNS, tRNS, snRNS).

Szerencsére a gének kezdete és vége jól felismerhető. Eddig 40.000 körül van az azonosított gének száma, a várható génszám jóval 100.000 fölött lesz. [Összehasonlításképpen: a humán genom program közvetlen elődjének számító munka egy fonálféreg (*C. elegans*) genomjának meghatározása volt, a teljes génszám itt 19.097]. Megdöbbentő adat: a teljes genom kevesebb mint 5%-a gén csupán! A többi, az úgynevezett „szemét” DNS biológiai szerepéről keveset tudunk.

A *funkcionális genomika* az a tudományterület, amely a genomprogramok sikere nyomán született meg. Azonosítani kell minden egyes genomban minden egyes gént. (Jelenleg 20 fölött van az ismert genomú élőlények száma – ebben a számban benne vannak természetesen az ismert genomú vírusok, baktériumok, a fonálféreg stb. is.) Meg kell határozni elhelyezkedésüket a kromoszómákon belül, és nem utolsósorban meg kell keresni a hozzájuk tartozó funkciót. Ezzel el lehet még bíbelődni jó néhány évig, bár az ismert aminosavszekvenciájú és ismert funkciójú fehérjék (pl. enzimek) génjeit viszonylag könnyű lesz megtalálni. Segítséget jelentenek továbbá modellállatok (pl. a fonálfé-

reg) azonosított génjei: a rokon emberi gének kiválasztása nem nehéz.

Igazi kihívást jelent az emberek közötti egyedi különbségek feltárása. A Celera öt, a HUGO kutatói tucatnyi etnikailag eltérő önkéntes DNS-én dolgoztak, férfiaknál spermiumból, nőknél vérsejtekből nyerték a DNS-t. Azt találták, hogy az emberi rasszok közötti különbségek alig haladják meg az egy rasszon belül mérhetőket. A különbségek az egyes gének változatainak (alléljeinek) eltérő gyakoriságából adódnak. A gének 99.9%-a minden emberi lény esetében pontosan azonos. A csimpánzokkal való rokonságunk is kísértetiesen nagy: az anatómiai különbségek és az emberi gondolkodás képessége mindössze néhány, a magzati fejlődést szabályozó gén kismérvű különbözőségére vezethető vissza. Génjeink 90%-a nem különbözik az egértől (aminek a kutatók igencsak örülnek), több mint egyharmada azonos a fonálféregével (*C. elegans*). Sőt mitöbb, genetikai értelemben az *E. coli* és a baktériumok is unokatestvéreinknek tekinthetők.

Viszonylag nagy különbségek figyelhetők meg az ember *mitokondriális DNS*-ének összetételében. Ami nagyon lényeges, a mitokondriális DNS-t kizárólag anyai ágon örököljük. Egyfajta genetikai óráként használható az, hogy minden földi ember genetikai ősanja („genetikai Éva”) egy afrikai asszony volt.

E sorok írója úgy véli, hogy a humán genom program sikere az emberiség történetének egyik mérföldköve, olyan forradalmi jelentőségű eseménye, amilyenre korábban még nem volt példa. Kezünkbe került emberi mivoltunk részletes *tervrajza*. Még nem értjük teljesen, de azt már látjuk, hogy mire lehet majd használni, talán néhány éven belül. Nem nehéz megjósolni, hogy új tudományágak jöttek és jönnek létre szinte a semmiből a *farmakogenomikától* kezdve egészen a *történelemgenomikáig*. Meg kell oldanunk jó néhány problémát, választ kell találnunk számos kérdésre – elsősorban a kutatások etikai vonatkozásait kell tisztáznunk. De annyi bizonyos, hogy

néhány éven belül világunk gyökeresen megváltozik, és ebben a számítástechnika és informatika mellett a genomikának és a géntechnológiának jut a legnagyobb szerep.

A polimeráz láncreakció (PCR)

A géntechnológia gyakorlati alkalmazása előtt a polimeráz láncreakció (polymerase chain reaction, PCR) nyitott új utat (Mullis, Nobel-díj 1993-ban). Közismert, hogy a DNS mint általában igen kis mennyiségben áll csak rendelkezésre. Ahhoz, hogy vizsgálni lehessen, meg kell növelni a mennyiségét, sokszorozni (klónozni) kell. A biológia rendszerekben (E. coli, élesztő stb) történő klónozás kiegészítője az enzimatiszintézis, amelyhez egy csodálatos enzim (*Taq* DNS polimeráz) szükséges.

A PCR „működését” az alábbi ábra mutatja be (7. ábra): c és a komplementer c' a sokszorozásra váró DNS célszekvencia (egy vagy több gén), d-d' és b-b' az azt közrefogó szekvenciaszakaszok (ne feledjük, a DNS polimerázok működéséhez 20-30 nukleotidnyi primer szekvenciák szükségesek, továbbá a szintézis szigorúan

mindig 5' → 3' irányban halad). A ciklusnak 3 lépése van:

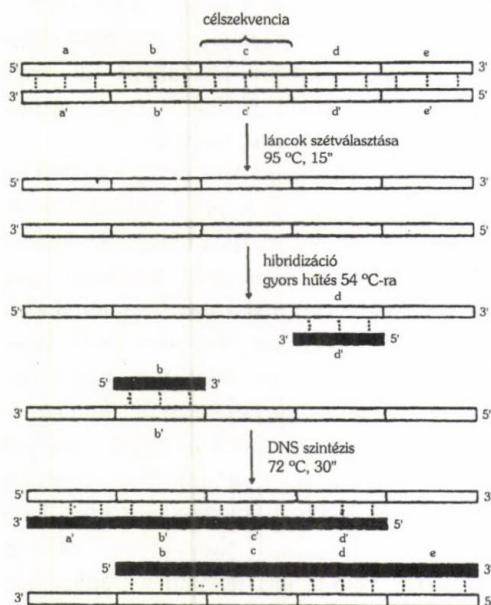
1. a láncok szétválasztása (95°C, 15 sec);
2. a primer hibridizálása az elkülönült szálakhoz (54°C, gyors lehűtés);
3. szintézis 72°C-on (30 sec). A reakciót zárt edényben hajtjuk végre, amelybe nem kell semmit sem beadagolni az első lépés után. Amit változtatunk, az egyedül a hőmérséklet. A *taq* enzim melegtűrő és fáradhatatlan. Könnyen belátható, hogy a 3. ciklus után a célszekvenciát (c-c') tartalmazó b-c-d és b'-c'-d' láncok mennyisége exponenciálisan növekszik, míg a hosszabbaké csak linearisan. A sokszorozás mértéke milliószoros 20 ciklus után, milliárdszoros 30 ciklus után, amelynek időtartama kevesebb mint egy óra! A módszer kiválóan alkalmas géncsaládok felkutatására. Legnagyobb előnye az, hogy a célszekvenciát nem kell ismernünk, továbbá egyetlen kétszálú DNS molekula is megsokszorozható.

A genomkutatás gyakorlati vonatkozásai és haszna

Az, hogy 1998-ban ringbe szállt a Celera és a biotechnológiai vállalkozások egész sora, mindennél egyértelműbben mutatja, hogy a genomika és a géntechnológia már ma is *bombaüzlet*, nem beszélve a közeljövő óriási haszonnal kecsegtető gazdasági lehetőségeiről. A tisztán tudományos vagy gyógyászati felhasználási területek is szinte beláthatatlanok.

A ma ismert legfontosabb alkalmazási területek a következők:

- Orvosi diagnosztika. A PCR módszer segítségével megsokszorozható és kimutatható az AIDS-t okozó HIV-1 vírus, vagy a tuberkulózis kórokozója, a *Mycobacterium tuberculosis* (már tíz bacillus egy millió emberi sejtből!).
- Rák korai kimutatása és a kezelés hatékonyságának ellenőrzése
- Bűnügyi és törvényszéki orvosi vizsgálatok. Apasági ügyek, bűnözők azonosítása vérminták vagy spermiumminták segítségével. Egyetlen hajszál gyökeréből nyerhető annyi DNS,



7. ábra

A polimeráz láncreakció (PCR) elve

amennyi PCR segítségével már kellően megsokszorozható

– Régészeti, őslénytani kutatások. 2400 éves egyiptomi múmiák génjeinek részleges azonosítása, 7500 éves régészeti minták vizsgálata, 25–30 millió éves, borostyánba ágyazódott termit DNS analízise. (Ez a 90-es évek elején ismertté vált eredmény adta az ötletet a Jurassic Park c. film elkészítéséhez.)

A példák sorolhatók tovább, szinte megállás nélkül. Felmerül azonban egy fontos kérdés: klónozhatók-e és kifejezhetők-e emlős gének *E.coliban*? Tudjuk, hogy a baktériumok nem rendelkeznek az emlős gének intronjainak kivágásához szükséges eszközökkel. Az „érett” mRNS átiratból kell kiindulni, amely már nem tartalmaz intronokat. A retrovírusok által használt *reverz transzkriptáz* enzim segítségével elkészíthető a mRNS komplementer DNS szála, majd további enzimek (DNS polimeráz I, S1 nukleáz) és dNTP felhasználásával a génnek megfelelő kétszálú DNS, ami már beépíthető bakteriális vektorokba, ami az *E. colit* fehérjeszintézisre készíti. Ma már így állítják elő a cukorbetegség milliói számára nélkülözhetetlen *inzulint*, illetve prekursorját, a *proinzulint*.

A fehérjék egy része módosított (glikozilezett, foszforilezett stb.) formában működőképes csak. A módosítást csak eukarióta sejtek tudják elvégezni. A kérdés tehát az, hogy klónozhatók-e gének állati vagy növényi sejtekben?

A válasz igen, a bevitel többféleképpen is elvégezhető (alkalmazható kalcium-foszfátra kicsepített DNS, bevihető a DNS megtermékenyített állati sejtekbe mikropipetta segítségével, de a leghatékonyabb retrovírusok alkalmazása). Ma már előállíthatók laboratóriumban *transzgenikus állatok* (pl. óriás egér), *transzgenikus növények* (pl. bő termésű, fagyűrő vagy kártevőkkel szemben rezisztens gabonafélék). Előállíthatók új vagy módosított fehérjék is *hely-specifikus mutagenézissel*. Végül lehetőség nyílik ma már emberi gének módosítására vagy új gének bevi-

telére. (Ez már nincs messze a *teremtéstől*, nem szabad azonban megfeledkeznünk a veszélyekről és a felmerülő etikai problémákról.)

Válaszok és új kérdések

A nukleinsavkutatás 50 éves múltja tekint vissza. Ahogy a korábbi fejezetekből láttuk, számos csodálatraméltó tudományos eredmény született – ezt tükrözi a nagyszámú Nobel-díj is. Választ kaptunk sok alapvető kérdésre, bár a részletek tisztázása olykor még hátra van: a kutatók most dolgoznak rajta egyre tökéletesebb eszközeikre és módszereikre támaszkodva.*

A végső kérdések egyike a szaporodás maga. Gondoljunk csak egy megtermékenyített tyúktojásra, amelyből a keltetőgépben bámulatosan rövid idő alatt egy kiscsirke vergődik ki. A kromoszómák, gének *lineáris információ-tartalma* az idő haladtával térben rendeződik, és a tojásból egy háromdimenziós mozgó élőlény lesz.

E kérdések megválaszolásához a *génkontroll*, a szabályozási mechanizmusok megértésén keresztül vezet az út. Vannak gének, amelyek mindig „be vannak kapcsolva”, mivel az általuk kódolt fehérjékre (pl. enzimekre) mindig szükség van. Egyikből többre, a másikból kevesebbre. Baktériumokban ezt az mRNS termelődésének sebessége befolyásolja. Ez a promotor szekvenciák hatékonyságától függ. „Erős” promotor sok mRNS-t és fehérjét, „gyenge” keveset eredményez. Vannak szabályozó fehérjék (*szigma faktorok*), amelyeket a külső körülmények megváltozása (pl. N-hiány, hősokk stb.) hív életre. Még bonyolultabb a helyzet az eukarióták esetében.

E sorok írója – aki vegyész – itt leteszi a tollat. A történet még folytatható lenne, hiszen számos adat van a birtokunkban, amelyekről beszélni lehetne és kellene. De a következő fejezetet – vagy inkább könyvet – már biológusnak vagy orvosnak kell megírnia.

*A részletek iránt érdeklődőknek a szerző Bálint Miklós: *Molekuláris Biológia I-II. kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000. című könyvét ajánlja.*

Várady Judit

A középfokú szakmai oktatás és a vegyipar *

Vállalatvezetők és középiskolai tanárok párbeszéde

„Előre kész receptet kérni nem lenne ésszerű. Csak a szükséges emberi tulajdonságokat határozhatjuk meg: türelem, rugalmasság, intelligencia.”

Az új évezred varázsszava a tudás, ezer alakban és tucatnyi szóösszetétel tagjaként bukkan fel az élet minden területén. Ugyanakkor kortünet, hogy a XXI. század nemzedékét egyre kevésbé érdeklik a tudományok. Ez a vegyiparban aggodalmat szül, annál is inkább, mert sorsunk, jövőnk a kémiát, biológiát, matematikát, fizikát jól értő szakemberek felkészültségétől, tudásától függ.

A megszerzett tudás különféle módokon történő asszimilálásának lehetősége a szellemi tőke piacán igényelt képességek legfontosabbja. Nem véletlen, hogy minden szakmaterületen a figyelem az oktatásra irányul, amely egyszerre válik célterületté és eszközzé. Hiszen egyedül az iskolától, az oktató centrumoktól remélhetjük, hogy sikerül a specifikus szaktárgyi ismeretek mellett a globális gazdasági változás ütemével lépést tartó készségek és jártasságok közvetítése. Az iskolák azonban önmaguk erre még nem képesek.

Az európai vegyipar jövőbeni sikere jelentős mértékben azon múlik, hogy a mai fiataloknak hogyan oktatják a tudományt, köztük a kémiát - vallja az európai vegyipari vállalatóriásokat, a nemzeti vegyipari szövetségeket, valamint az európai szakágazati (a vegyipar részterületeit jelentő) szövetségeket átfogóan képviselő Euró-

pai Vegyipari Tanács (CEFIC). Hasonlóképpen vélekedik erről a Magyar Vegyipari Szövetség is.

Az elmúlt év decemberében (Magyar Vegyipar 12. szám) ez a meggyőződés készítette a szövetséget arra, hogy – egy sokrésztvevős fórumon – véleménycserére hívja meg az érintetteket a vegyipari felsőfokú képzés segítésének lehetőségeiről. A közelmúltban ez a folyamat folytatódott. A MAVESZ ezúttal olyan „előtanácskozást” kezdeményezett, amelyen a középfokú oktatás szervezésében „érdekeltek” értékelhették a Magyarországon kialakult helyzetet, és fejthették ki véleményüket az aktuálisnak vélt teendőkről.

A résztvevők

Jelen voltak középfokú szakintézmények vezetői és kémiatanárok – **Cs. Nagy Gábor**, EGT Vegyipari Szakközépiskola igazgatója, **Szabó Lászlóné**, a Petrik Lajos Szakközépiskola igazgatója, valamint **Hobinka Ildikó** a Fazekas Gimnázium vezető tanára.

Részt vettek az érdekképviselési szféra és az oktatásfejlesztés fontos vezetői és képviselői, közöttük **Hornýánszky Gábor** a BME oktató tanára (a MAVESZ állandó „külső” munkatársa), **Kovácsné Csányi Csilla** a Fővárosi Pedagógiai Intézet vezető szaktanácsadója, **Körtvélyessy Gyula** a Magyar Kémikusok Egyesületének főtárgya, Várnai György, aki számos egyéb funkciója mellett a Középiskolai Kémiai Lapok szerkesztője is.

* Megjelent a Magyar Vegyipar folyóirat 2000. decemberi számában.

A vegyipari vállalatokat és egyben a MAVESZ oktatási szakterületét **Kárpáthegyi Tibor**, a Villamos Szigetelő és Műanyaggyár Rt. vezérigazgatója és **Hevér András**, a Pannonplast Rt. személyzeti igazgatója képviselte.

A tanácskozásról a teljesség igénye nélkül

A fórumot megnyitó **Bondár László**, a MAVESZ főtitkára párhuzamot vont a szakmai felsőoktatás és a középfokú oktatás sajátosságai között. Mint mondta – a felsőfokú szakmai oktatásnál is kulcskérdés az, hogy a hasznosítható tudás megszerzése érdekében mit és hogyan oktatnak, a középfokú szakmai oktatásnál ennek tépje jóval nagyobb. Ez ugyanis a szakma sorsát hosszabb távon meghatározó személyi kiválasztódás szintje. A vegyipar részéről megválaszolásra vár a kérdés: megkísérelje-e közvetlenül is befolyásolni ezt a folyamatot? Az ipar és az oktatás együttműködése nem hangzik ugyan idegenül a MAVESZ tagvállalatok számára, de amikor a gyakorlati feladatok kerülnek szóba, kiderül: sok még a szervezési tennivaló. A vegyiparban sikeres országok vállalatai már az általános iskolás korú gyermekeket is megismertetik a szakmával. Gyárlátogatásaik megszervezéséből itthon még sokat tanulhatunk.

A versenyképesség és az oktatás – annak részeként a középfokú oktatás – összefüggése tagadhatatlan. Mi lehet az egymásra táltak teendője e téren, és azt a szövetség hogyan tudja elősegíteni – a közös gondolkodás kezdeményezésén túl –, ezt vitatták meg és véleményezték a résztvevők.

Körvonalazódott, ki miben számíthat a másikkra. Arra is keresték a választ, milyen eszközök segítségével „szólíthatók meg” a középiskolák, különös tekintettel nagy számukra és eltérő sajátosságaikra. Mindenre – a segítő szándék ellenére – nem találtak a résztvevők biztos választ. Abban azonban egyetértettek, hogy az első és legfontosabb: megteremteni a középiskolák,

a vegyipari vállalatok „egymásratalálásának” információbázisát. A MAVESZ ehhez – a CEFIC támogatását is igénybe véve – egy, a nemzetközi gyakorlatban nagyon kiterjedt, (és magyarra fordított) módszertani anyagot kíván közreadni az üzemlátogatások szervezésének legáltalánosabb tudnivalóiról. Az anyagot ismerők szerint a leírtak segítséget nyújtanak abban, hogyan lehet jól előkészíteni, megszervezni, érdekesé tenni, középiskolás szinten megértetni egy-egy vegyipari folyamatot. A kiadvány 2001-ben eljut számos vállalathoz és tanintézethez, és használatára a szövetség külön is ráirányítja majd a figyelmet. (A vegyipari vállalatok egyes PR szakembereinek biztosan újdonság lesz majd, hogy az „iskola-vállalat” kapcsolatépítésben a „legprofibb” cégbemutató videofilmek jelentősége mennyire elhanyagolható.)

Többirányú tájékoztatás hangzott el arról is, hogy a „Tudomány kiváló oktatása” címmel a CEFIC által létrehozott és támogatott pályázat hogyan kaphatna nagyobb figyelmet az oktatásban. A jelentős pályadíj, amelyet minden évben a legsikeresebbnek ítélt „középiskolás csapat” kap meg, feltételezi a kiemelkedő tudású és aktivitású tanárt és az elmélyült szakmai munkára „hajlamossá nevelt” 12-18 éves diákból álló osztályt. (Szükséges azonban a sikerhez – bár ez nem pályázati feltétel – egy segítő, motiváló vállalat is, amely átérzi szerepét – és PR munkájában realizálható hasznát – az ilyen akciók támogatásában.)

A pályázat alapcélként a kémia hatékonyabb és vonzóbb tanítási módszereinek kialakítását és terjesztését szolgálja, ezért is van felelőssége a nemzeti, illetve nemzetközi szövetségnek a támogatásban. A kezdeményezés felkarolásával a MAVESZ-nek is az a célja, hogy elősegítse a kémia minőségi oktatását, és elismertesse abban a tanárok teljesítményének fontosságát, valamint tudassa az érintettekkel, hogy ilyen területen az ipar reprezentánsai szívesen együttműködnek mindazokkal, akik vállalják az ezzel járó erőfeszítéseket. A pályázat

akkor lehet sikeres, ha az oktatás a fiatalok természetes kíváncsiságára épül. (A 2001-es évre kiírt pályázat feltételeinek magyar nyelvű szövegét a konferencia résztvevői kézhez vehették, és a MAVESZ megküldi azokat az érdeklődő iskolák részére is.)

A pályázat egyébként nem teljesen ismeretlen már Magyarországon. A Fazekas Gimnázium tanulóiból álló tanulócsoport, Hobinka Ildikó vezető tanár irányítása mellett, nem egy alkalommal küldte már el angol nyelven készített pályaművét Brüsszelbe. A kiemelkedő munkát végző tanár a tanácskozáson is elmondta: ez egy hosszabb, folyamatos munka, a képzeletgazdagság, a kreativitás és a kémia, mint tudomány szeretetének eredménye. (Egyik alkalommal – a közép-európai oktatási intézmények közül elsőnek – dicsérő oklevelet is kaptak.)

A MAVESZ bízik abban, hogy a kezdeményezés keretében összekapcsolódik a vállalatok együttműködési szándéka és az iskolák vállalkozó kedve, növelve a vegyipar – erre igencsak rászoruló – imázsát a társadalom előtt. (Hasonló kezdeményezésre már van példa, ilyen a „Tehetségért” mozgalom, „Az év legjobb kémiatanára” cím odaítélése stb.)

A közép fokú szakmai oktatás és a vegyipar egymásra találásának lehetőségeit kívánja segíteni a jövőben a MAVESZ által működtetett érdekképviselői szakmai sajtó is. (A Magyar Vegyipar – a vállalatok támogatásával – egyre szélesebb középiskolai körhöz jut el.)

A szerkesztőbizottság örömmel venné, ha csatlakozna hozzá egy társ a közép fokú oktatás területéről, és külön rovatot nyithatna az oktatás számára. (Sokak szerint nem ártana „megfricskázni” az oktatási anyagokat sem. Számos elavult vagy pontatlanul közreadott ismeret igényli ugyanis a jobbító kritikát. Egy „Vegyí Tücsök – Tanbogár” rovat indítása jó lehetőség lenne például erre is.)

– A fenti kezdeményezésekkel a MAVESZ nincs egyedül. A Magyar Kémikusok Egyesülete társ mindabban, ami előmozdíthatja az ipar

és a közép fokú vegyipari szakmai oktatás kapcsolatainak erősítését – mondta Körtvélyessy Gyula, az MKE főtítkára.

Az iparvállalatok jelenlévő képviselői – akik az alkalmas tulajdonságokkal rendelkező munkaerőt kísérelték meg definiálni – elmondták: nem elsősorban tudósokra várnak vállalataiknál, ám a kellő szakmai intelligenciával rendelkező, a munka és a rend szeretetével bíró, kreatív és versenyképes munkavállalókra feltétlenül számítanak. Jónak tartanák, ha a jövő oktatását megálmódó szakemberek figyelembe vennék a vegyipar igényeit is – erősítette meg Hevér András, a Pannonplast Rt. személyügyi igazgatója.

Kárpáthegyi Tibor, a VSZM vezérigazgatója, aki 37 éve dolgozik a szakmában, maga is oktat. Vállalata régóta tartja a kapcsolatot a Műegyetemmel a műanyagipari szakemberek utánpótlása érdekében. Az oktatás finanszírozása kapcsán megjegyezte: a központi támogatási lehetőségek egyelőre nem bővülnek, bár az igények folyamatosan megfogalmazódnak. Tudomásul kell venni, hogy a pénz a gazdaságban terem, és azt is fel kell ismerni, hogy jól képzett szakemberek nélkül a jövő egyáltalán nem biztosított.

A tanácskozás résztvevői fontosnak tartották, hogy a tovább szélesítsék a jelenlegi fórum résztvevőinek körét, és az együttgondolkodásba több oktatási szakembert és vegyipari vállalati képviselőt vonjanak be. Jó lehetőség kínálkozik erre a Fővárosi Pedagógiai Intézetben a kémiatanárok számára rendezendő évenkénti továbbképzésen. Várnai György, az MKE Kémia Tanári Szakosztályának vezetője, a Középiskolai Kémia Lapok szerkesztője, a Kémia Tanárok Országos Tanácskozását ajánlotta a résztvevők figyelmébe. Májusban, Győrben az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny eseményei és az értékelés időpontja nyújt lehetőséget az ipar és az oktatás jövőért felelős szakembereinek találkozására.

A MAVESZ a maga lehetőségeivel, eszközeivel – mint az a vállalatvezetők és középisko-

lai kémiatanárok párbeszédéből is kiderül – hozzá kíván járulni a jövő szakembereinek magasabb színvonalú képzéséhez. Minden biztonnal tagvállalataink vezetői és a tájékoztatásért felelős szakemberei azok, akik legjobban ismerik, hogy környezetükben melyik középiskola az, ahol kiemelt kémiaoktatás folyik, ahol a vegyipar jelenléte eleve meghatározó lehet, ők választják ki, hogy mely középiskolákkal célszerű a továbbiakban felvenni a kapcsolatot!

A közeljövőben magyar nyelven is megjelenik és kézbe adjuk a CEFIC által és támogatásával kiadott módszertani füzetet „Az oktatás és az ipar jobb kapcsolatáért” címmel. A kiadvány rámutat, miért kell felvállalni a gyárlátogatásokat, hogyan lehet a fiatalokat naprakész ismeretekhez juttatni, és pozitív hozzáállásukat kialakítani az ipar irányában.

Tudjuk, a gyárlátogatásokra nálunk is vannak jó példák. Budapesten, többek között a Budapesti Vegyiművek Rt. rendszeresen szervez nyílt napokat. Ez a kapcsolat azonban egy kicsit másféle kell legyen, a megfelelő hangnem, a szókincs kiválasztása mellett a gyerekek be-

nyomásainak előhívása, azok felkészítése, maga a látottak megvitatása, a visszajelzés nagyon sokrétű feladatsor. Tagvállalataink holnapi sikeressége azon is múlik, hogyan viszonyul a holnap jövődő szakembereihez, milyen segítséget és támogatást ad meg ma számukra.

Lapunk, a Magyar Vegyipar tagvállalataink támogatásával több vegyipari szakközépiskola kémiatanárához, könyvtáraikon keresztül a tanulókhöz is eljut.

Ezt a támogatást és lehetőséget az iskolák ez úton is nagyon köszönik. Szeretnénk, ha a lapot nemcsak a szakközépiskolák, hanem a kémiával kiemelten foglalkozó gimnáziumok is kézbevehetnék. Ehhez szintén tagvállalataink segítségét kérjük, hiszen Önök tudják, ismerik, hogy térségükben mely középiskolával van kapcsolatuk.

A MAVESZ a fenti feladatok megoldásában a híd – legalábbis annak egyik fontos pillére – szerepét kívánja betölteni. Megkísérli közvetíteni a vegyipar szakmai igényeit az oktatásnak és ismertetni az oktatás lehetőségeit a szakmával. Arra törekszik, hogy bármelyik „oldalról” keresik, érezzék benne a szakmáért felelős koordináló partnert.

Kapocsi Margit Katalin

„Az gyönyörű természettudományokról...”

„Akikért a harang szól”

„Giling-galang, szól a harang...”

„A holtakat siratom – az élőket vigasztalom”... és még folytathatnám a gyermekkoromban nagyanyámtól tanult igazságokat. – Hát eddig jutottunk? Világvége hangulat?... „A tények makacs dolgok. A tényekkel nem lehet vitatkozni.” – És mik a tények? A 2001. év őszén I. 5. és 9. osztályban bevezetésre kerülő kerettantervek közül a természettudomány-

okon belül (Fernengel András szerint is) a legnagyobb „vérveszteség” a kémiát érte. Valamivel kedvezőbb lehet a helyzet a hat- és nyolcosztályos gimnáziumokban, ha a lehetséges lineáris tantervet választják. Mit csináljunk 9. és 10. évfolyamon a gimnáziumokban? – Hát siránkozhatunk! Szitkozódhatunk! Mi változik ettől?

Vagy: természettudományokat tanító tanárok eszével kezdünk **gondolkozni**.

Mi van? – Mit tehetünk? – Hogyan tehetjük? – Mi a hozadék? Hát csináljunk valamint!! Miért? Mert a gyerekek ott ülnek a padban → És nem mindegy, hogy mit és hogyan mondunk → Hitelesen – vagy hitetlenül.

→ Adott keretek között értelmesen – vagy értelmetlenül.

→ Szakmai meggyőződéssel – vagy anélkül.

→ Csupán krétával – vagy kísérletekkel is.

→ Csak az iskolában – vagy az iskolán kívül is...

Egyáltalán: akarunk még tanítani?! Szükség van ránk?! Vagy kihaló példányok vagyunk csupán?!...

Hangosan gondolkodtam: többes számban. Bár egyedül gondoltam végig az egészet. Szerintem - sokan vagyunk még, akik hezitálunk – de szeretjük a szakmát. A kémiát. És míg élünk – ez már nem változik. Erre születünk. Elnézést – hogy előre nem kértem beleegyezéseket a cikk megírásához –, de ezeket a gondolatokat ebben a formában nem írta meg helyettem senki. Hát vettem a bátorságot, és hozzáfogtam. 26. tanévem kezdtem el az ősszel.

El kellett döntenem, hogyan tovább. Kerestem a kitörési pontokat: nem volt könnyű. A fő kérdés eldőlt: tenni kell valamit a keretek adta lehetőségen belül. Mit találtam? – Megtiszteltetés – ha elolvassátok.

Abból indultam ki, amit a kerettanterv előír. Élményszerűvé, életközelivé, demonstratívá tenni a kémiát, igazodjon a gyakorlati élethez, segítse az emberibb életet a Földön. **Hogyan?** Az iskolai munkát színesíteni kell, ezernyi szállal kell kapcsolódnia a külvilághoz. **Mit tegyek?** Számba vettem a lehetőségeket, és így jutottam el újra a Magyar Vegyészeti Múzeumba.

Miről is van szó?

A Magyar Vegyészeti Múzeum az alapító okiratával összhangban szeretné segíteni a szaktanárok munkáját és felkelteni a fiatalok érdeklő-

dését a gyakorlati kémiai tudományok iránt. Teheti ezt azért is, mert Közép-Európa egyetlen önálló vegyészeti múzeuma, 1990-től a Nemzeti Örökség része. Várpalotán a részben restaurált középkori **Thury-várban található, és kincstára a kémiának.** Állandó és napi gyakorlathoz igazodó időszakos kiállításai mellett:

- rendkívüli kémiaórák megtartására ad lehetőséget pl. osztálykirándulás részeként is bármely korosztály számára.
- országos „Alkimista” táborot szervez nyaranta (VI. 25. - VII. 10.)
- „Az értől az óceánig” címmel országos diák-pályázatot hirdetett.
- akkreditált, a napi tanítási gyakorlathoz igazodó szakmai továbbképzéseket szervez a szaktanároknak
- a város, a környék, és igény szerint üzemlátogatásokra invitálja a kollégákat és neveltjeiket.
- a környezetvédelmi világnap (VI. 5.) az ózonréteg védelmének napja (IX. 6.) a Földünkért világnap (X. 21.) triádja a környezetvédelmi nevelést segíti.
- „Topp-12” címmel tudományos és ismeretterjesztő előadásokat szervez.
- évente egyszer: augusztus hónapban megrendezi az „IZOTOPP” szakmai fórumot, hogy a legfontosabbakat említsem.

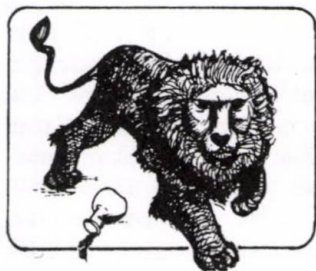
Lehet választani. Lehet folytatni. Lehet még nagyon sok mindennel bővíteni a tartalmat. Egy a lényeg. Cselekedjünk a jövőnkért. Még ha botladozva is... menjünk tovább. Ki-ki a maga módján, és találjuk meg munkánkban azt, ami **személyesen** és önző módon **nekünk** ad **örömet**, mert akkor **tanítványaink embersége is határtalan** lehet.

Mert a harang – térted is szól.

„A szeretet tevékenység, nem beleesünk,
hanem helytállunk benne”

„Mert szeretni elsősorban annyi, mint adni.”

(Erich Fromm)



OROSZLÁNKÖRMÖK

Hajas Viktória – Eszik Veronika

Az elvarázsolts üveg és papír *

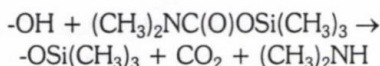
Felkészítő tanár: Balázs Katalin, Knausz Dezső

Az előadás témája:

A szilícium a földkéreg második leggyakoribb eleme. Sok érdekes és fontos felhasználási területét ismerjük, úgymint a félvezetők, az üveg, az építőanyagok nagy része és a szerves sziloxán-polimerek, a szilikonok. A szilikonokat széles körben alkalmazzák hőállóságuk és víztaszító hatásuk miatt. Az itt leírt kísérletekkel a szilikonok hidrofóbizáló, egyben organofil hatását kívánjuk bemutatni, valamint a szerkezet és a tulajdonságok közötti összefüggéseket.

Ismeretes, hogy az üveg és a papír hidrophil. Ezt bizonyítja az is, hogy a papír átengedi a vizet, illetve egy vékony üvegcsőben a víz felülete úgy görbül, hogy nedvesíti a cső falát.

Ez annak a következménye, hogy a felületén poláris, hidrogénkötésekre képes OH-csoportok találhatók. Megfelelő eljárással az üveg felülete módosítható, hidrofóbbá tehető. Ez például úgy valósítható meg, hogy a felületi OH-csoportok hidrogénjét apoláris tri-metil-szilil-csoporttal helyettesítjük, a felületet szilanizáljuk. Erre különböző szililezőszerek alkalmasak. Kísérleteinknél az ELTE-n kifejlesztett N,N-dimetil-karbamid-sav-trimetil-szilil-észtert használtuk:



papír vagy üveg felülete	szililezőszer	szilanizált felület
poláris		apoláris
hidrophil		hidrofób

A szililezés művelete:

A műveleteket jól szívó fülke alatt kell végezni. Az üvegtárgyakat (üvegyöngyök, üvegapilláris, üvegpohár) a szililezést megelőzően szén-tetrakloridos áztatással zsírtalanítani kell. Ezt követően legalább 30 percig 2 mol/dm³ koncentrációjú sósavban áztatjuk a tárgyakat, ennek során az üveg felületén megnő az OH-csoportok mennyisége. Az áztatást követően a felületen maradt sósavat vízzel, ezt pedig abs. etanolos mosással távolítjuk el a felületről, majd levegőn megszáritjuk a mintadarabokat.

Az üvegyöngyöket száraz, csiszolatos edénybe helyezzük, és a szililezőszer 50%-os hexános oldatából annyit öntünk hozzá, hogy a gyöngyöket ellepje, majd az edényt lezárjuk. Tíz perc állás után az oldatból kiemeljük és óraüvegen megszáritjuk a gyöngyöket. Ezt követően 15 percig 120°C-on további szárítást végzünk.

Az egyik végén lezárt üvegapillárist színültig megtöltjük a szililezőszer oldatával, majd lezárjuk, és tíz percig állni hagyjuk. Az oldatot a kapilláriscsőből kiöntjük, majd a cső végeit tíz - tíz percig szililező szer oldatába helyezve a kapilláris végeket is megszililezzük. A további eljárás megegyezik az üvegyöngyöknél leírtakkal.

* Elhangzott a Pécsi Kémikus Diákszimposiumon 1999-ben

Az üveg poharat színültig megtöltjük a reagens oldatával, és egy szélesszájú, csiszolatos edénybe helyezzük. Tíz perc állás után az oldatot kiöntjük a pohárból, majd a további tíz percre nyílásával lefelé fordítva a szililezőszer oldatába állítjuk úgy, hogy a pohár peremét az oldat ellepje. A további eljárás megegyezik az előzőekben leírtakkal.

Megjegyezzük, hogy a reagens oldat nedvességtől elzárva tárolható és néhány további alkalommal felhasználható.

Szűrőpapírt is szililezhetünk hasonló módon, ilyenkor a papír is víztaszító lesz, és a vizes oldatokat nem, csak az apoláris anyagokat engedi át.

Kísérletek módosított felületű üvegekkel, illetve szűrőpapírral

Főzőpoharat háromnegyed részig megtöltünk desztillált vízzel. Óvatosan nem szililezett üvegyöngyöket helyezünk a víz felszínére, azt tapasztaljuk, hogy lesüllyednek az edény aljára. Szililezett gyöngyöket helyezve a vízre, a gyöngyök a víz színén úsznak, összetapadnak. Közelről nézve látható, hogy a víz "elhúzódik" a golyóktól, és hatásukra a víz felszíne lefelé deformálódik.

Magyarázat: A szililezett gyöngyöket a víz nem nedvesíti. A golyó súlyát meghaladja a vele szemben fellépő üveg-víz-levegő határfelületén kialakuló felületi feszültség. Így a gyöngyök a víz felületén úsznak, súlyuknál fogva némileg deformálva a víz felszínét. A kezeletlen, nem szililezett, tehát nedvesedő gyöngyöknél a felületi feszültség kisebb, mint a súlyuk, így azok elsüllyednek.

Szililezett üvegapillárisba vizet öntve azt tapasztaljuk, hogy a víz felülete nem görbül, mint a nem szililezett üvegcsőben (ahol a meniszkusz homorú).

Magyarázat: A hidrofóbizált kapilláris falát a víz nem nedvesíti, itt a víz felszíne sík, míg a kezeletlen üvegcső falát a víz nedvesíti, ezért felülete homorú.

Választótölcsérbe egymással nem elegyedő folyadékokat öntünk: vizet és szén-tetrakloridot. Hogy a két szintelen folyadékot jól láthatóvá tegyük, egy kevés 2,6-diklór-indofenol indikátort adunk hozzá. Ez egy olyan különleges indikátor, mely lúgos közegben kék színű és hidrophil, savas közegben azonban piros színűvé és hidrofób sajátosságúvá válik. Először kék színnel a vizes fázis-

ban oldódik az indikátor, így jól látható, hogy a víz helyezkedik el felül, ezt jelzi a felső kék fázis. Egy kevés sósav hatására azonban, összerázás után, az alsó hidrofób szén-tetrakloridos fázist mutatja az indikátor piros színnel. Szilanizálatlan szűrőpapíron átszűrve a választótölcsér tartalmát, a hidrofób fázis marad fenn (piros színű), a vizes fázis csöpög le. Ha a kísérletet megismételjük úgy, hogy szilanizált szűrőpapíron szűrjük át az egymással nem elegyedő folyadékokat, és előzőleg nem rázzuk össze sósavval, akkor a kék színű vizes fázis marad a papíron, és a hidrofób fázis jut át a szilanizált szűrőpapíron.

Egy szililezett és egy kezeletlen főzőpoharat 0,1 mol/dm³ koncentrációjú AgNO₃-oldattal kiöblítünk. Ezt követően tömény NaCl-oldatot töltünk az edényekbe. A kezeletlen pohárban az oldat nagymértékben megzavarosodik, a másik edényben az oldat teljesen átlátszó marad, nem mutat zavarosodást.

Magyarázat: A szilanizált pohár falát a vizes oldat nem nedvesíti, ennek megfelelően az oldat maradék nélkül kiönthető, a pohárban ezüstionok nem mutathatók ki. A kezeletlen pohár falán az oldat kiöntését követően a falra tapadva cseppek maradnak vissza, az ezüstionok a pohárban kimutathatók: NaCl-oldattal AgCl-csapadékot képeznek, ez okozza a zavarosodást.

Vízre került olajcseppeket el tudunk távolítani szilanizált üveggel, ha egy kevés szilanizált üvegporthoz olajcseppeket, majd ezután könnyen „lekanalazhatóvá” válik az üveggel együtt.

Magyarázat: A vízen lévő olaj adhéziója nagy a szililezett, apoláris felületű üveghez, így a felülethez jutva azon erősen megtapad. Az üveggel együtt könnyen eltávolítható.

Ezekkel a kísérletekkel a szilíciumvegyületek egy újabb, a gyakorlatban jól alkalmazható felhasználási területét szeretnénk megismertetni.

Irodalom

- [1] T. Wermeulen: J. Coll. Inter. Sci. (1970)
- [2] B. Arkles, W. S. Briniger: J. Biol. Chem. (1975) A. Haemmerlin: Anal. Chem. (1980)
- [3] M. Jaromic, J. Oscik: J. High Resol. Chromatogr. and Chromatogr. Commun. (1982)
- [4] K. Grob, G. Grob: J. High Resol. Chromatogr. and Chromatogr. Commun. (1983)
- [5] D. Knausz, A. Meszticzky, L. Szakács, B. Csákvári, K. Újszászy: J. Organometal. (1983)

Rendezvények, pályázatok

Rendkívüli kémiaórák – osztálykirándulás részeként is – minden korosztály számára Közép-Európa EGYETLEN ÖNÁLLÓ Vegyészeti Múzeumában, amely a NEMZETI ÖRÖKSÉG része Várpalotán a KÖZÉPKORI THURY-VÁRBAN.

„Alkimista” tábor szervezünk 2001. június 25. – július 10. között

Konferenciák, kihelyezett tanévzáró-tanévnyitó és nevelőtestületi értekezletek, szakmai fórumok, érettségi találkozók rendezéséhez reprezentatív környezetet is biztosítunk.

„Az értől az óceánig” címmel országos pályázatot hirdetünk 7-8. évfolyam, valamint 9-12. évfolyamos kategóriákban.

Előzetes információ: E-mail: vegymuz@ax.hu vagy levélben Magyar Vegyészeti Múzeum 8100 Várpalota, Thury-vár, Pf. 39 Telefon: (88) 472-391, Fax: (88) 471-702

„Az értől az óceánig” országos pályázat ismertetése

A magyar Vegyészeti Múzeum „Az értől az óceánig” címmel országos pályázatot hirdet.

– Pályázni lehet a kémiai tudományok és a kémiával kapcsolatos határtudományok eredményeinek gyakorlati bemutatásával írásmű, fotódokumentáció, bármilyen technikával készített képzőművészeti alkotásokkal, amelyekből kiállítást rendezünk.

– Pályázati kategóriák

7-8. évfolyam és 9-12. évfolyam

– Pályaművek értékelését felkért szakemberek végzik kategóriánként

I. díj könyvutalvány – 30.000 Ft értékben és ingyenes részvétel a 2002. évi Alkimista táborban.

II. díj könyvutalvány – 15.000 Ft értékben

III. díj könyvutalvány – 5.000 Ft értékben

A felkészítő tanárok munkáját is honoráljuk.

– Pályaművek beküldési határideje: 2001. május 30. – Magyar Vegyészeti Múzeum: 8100 Várpalota, Thury-vár

– Díjkiosztó ünnepség: 2001. október 21-én A „Földünkért világnapon” a múzeum márványcsarnokában.

„Alkimista” tábor egy középkori várbán, amely a Nemzeti Örökség része

Időpontok:

2001. június 25. – július 30. (5 éjszaka – 6 nap)

június 30. – július 5. (5 éjszaka – 6 nap)

július 5. – július 10. (5 éjszaka – 6 nap)

Összkomfortos szállást diákokthozban, étkezést étteremben biztosítunk.

Időbeosztás

Nap	Elfoglaltság	Étkezés
1.	– Fogadás: délután 15.00-17.00 Thury-vár (városközpont) – Vacsora – ismerkedés – Kémia és a zene	vacsora
2.	– Helytörténet, városnézés – Egyénre (csoportra) méretezett feladatok megbeszélése – Ásatási munkában részvétel – Restaurálási munkák – Szakkönyvtár megtekintése – Kémia és a képzőművészet	reggeli – ebéd – vacsora
3.	– Terepgyakorlat (Geológia) – Labormunka – Kutatómunka – Fotózás, videózás, számítógépes program – Kémia és a csokoládé	reggeli – ebéd – vacsora
4.	– Terepgyakorlat (Geológia) – Labormunka – Kutatómunka – Fotózás, videózás, számítógépes program – Kémia és a kenyér	reggeli – ebéd – vacsora
5.	– Kötetlen beszélgetés neves tudósokkal a Veszprémi Vegyipari Egyetemen – Idegen nyelvű társalgás (igény szerint) – Üzemlátogatás – Táborzárás – Kémia és a bor	reggeli – ebéd – vacsora
6.	– Hazautazás: délelőtt 10 óra	

Jelentkezési lap Az „Alkimista” táborba

Név (névsor) osztály:

Iskola megnevezése, cím:

Időpont (kérjük aláhúzni):

2001. június 25-30.

2001. június 30-július 5.

2001. július 5-10.

Lakcím (telefonszám):

Érdeklődési kör:

Hangszerismeret:

Szülő aláírása (7-8. osztály esetén!):

2001. április 30.

jelentkező aláírása

A Szaktábor kötetlen formában szeretné minél több fiatal érdeklődését a természettudományok felé fordítani, a kémia helyét – szerepét a mindennapokban bemutatni, tudományunkat megszerettetni.

Az „Alkimista” tábor résztvevőit kérjük, hogy élményeikről, ismereteikről illusztrált beszámolót, fotót, bármilyen technikával készített képzőművészeti alkotást 2001. szeptember 15. küldjék el a múzeum címére. A pályaművekből rendezett kiállítás megnyitójára és a díjkiosztó ünnepségre mindenkit visszavárunk 2001. október 21-én 11.00-ra.

Jelentkezési határidő: 2001. május 20.

E-mail: vegymuz@ax.hu, vagy levélben 8100 Várpalota, Magyar Vegyészeti Múzeum, Thury-vár.

Kérjük, a jelentkezési lap elküldésével egyidejűleg a részvételi díj befizetését igazoló számla másolatát is elküldeni.

Csekkszám: OTP-RT 11748076-20008237-OKTATÁS

FELHÍVÁSA TOVÁBBKÉPZÉSRE

Környezeti nevelés elméletben és gyakorlatban 30 órás akkreditált továbbképzés

A továbbképzés témakörei: a víz, a levegő, a talaj szennyezései, hulladékkezelés stb. Az aktuális tartahakon kívül a résztvevők módszertani újdonságokkal is megismerkedhetnek. A továbbképzésben a gyakorlat és az elmélet aránya fele-fele.

Tervezett programok: hulladékégető és víztározó meglátogatása, terepgyakorlat (Duna-Ipoly Nemzeti Park), tanórai környezetvédelmi demonstrációs kísérletek, aktuális esettanulmányok, vízvizsgálat bioindikációval, az internet szerepe a környezetvédelemben, tehetséggondozás, versenyre való felkészítés, a témakörök megvilágítása különböző szakterületek, tantárgyak szemszögéből.

Előadók: az ELTE tanárai, az OKSZI munkatársai és a Környezet és Egészségvédelmi Verseny bizottsági tagjai. Fénymásolt szakirodalmat kap minden résztvevő.

Helyszín: Budapest

Időpont: 2001. 09.19.-09.22.

Részvételi díj: 28 ezer Ft

Kérésre szállást, étkezést tudunk biztosítani.

Jelentkezés: Kiss Árpád Országos Közoktatási Szolgáltató Intézmény
1054 Budapest Báthory u. 10.
(A tanúsítványt is az OKSZI állítja ki 30 óráról)

Szervező: Pigler Edit környezetvédelmi szakreferens

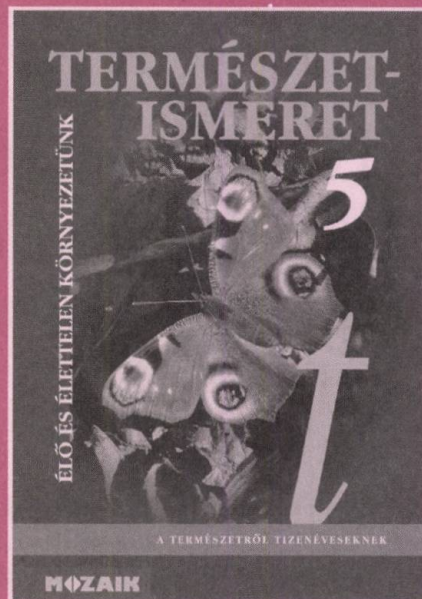
A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

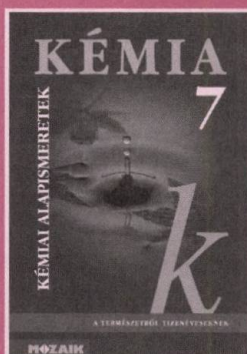
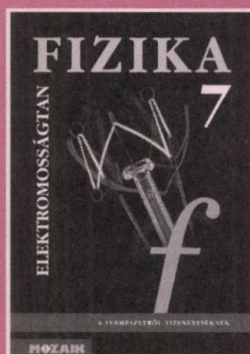
A *Természetismeret* 5. osztályos kötet
2001-től már a kerettanterv szerint
átdolgozva jelenik meg.
(Az új tankönyvjegyzékről rendelhető.)

A 2001/2002-es tanévre
a *Természetismeret* 6. osztály,
Biológia 7., 8., Földrajz 7., 8.,
Kémia 7., 8. és a Fizika 7., 8. tankönyvek
jelenlegi formájukban rendelhetők.
A könyveket a kerettanterv bevezetésével
felmenő rendszerben átdolgozzuk.

A sorozat 9. évfolyamos
(kerettanterv szerinti) kötetei
2001 szeptemberében jelennek meg.



A TANKÖNYVCSALÁD NÉHÁNY TOVÁBBI KÖTETE



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK



Mi is az a tűzzománc?

(Kollár Tibor – Gulyásné dr. Bodnár Mária –
dr. Tóth István)

Különleges kísérletek

(Dr. Galbács Zoltán)

A „második tűzgyújtás”, avagy az elektromos fényforrások fejlesztésének diadalútja

(Dr. Szalay Tibor)

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 980 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

a Generál Print Nyomda Kft.-ben

TARTALOM

Mi is az a tűzzománc?

Kollár Tibor – Culyásné dr. Bodnár Mária – dr. Tóth István

Különleges kísérletek

Dr. Galbács Zoltán docens

SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

**A „második tűzgyújtás”, avagy az elektromos
fényforrások fejlesztésének diadalútja**

Dr. Szalay Tibor ny. egyetemi tanár

**Dohányzás és alkohol, valamint a sejtplazma
karotin- és E-vitamin-szintje**

Marsi Enikő középiskolai tanár

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársaikat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Kollár Tibor – Gulyásné dr. Bodnár Mária – dr. Tóth István

Mi is az a tűzzománc?

A tűzzománcok szerkezeti felépítése, a zománcgyártás és feldolgozás technológiája

A zománc szó a hétköznapi ember számára valamilyen védőbevonatot jelent az edényeken, autókon, parkettán, fürdőszobátárgyakon. E rövid, tömör meghatározás igaz a tűzzománcokra is.

A tűzzománcok különböző fém-oxidokból álló üveges állapotú felületbevonatok. Jó kopásállóságuk, kémiai ellenállóképességük és korrózióvédő tulajdonságuk mellett esztétikai követelményeknek is meg kell felelniük. Felhasználási területük igen széles: a vegyipari berendezések ellenálló bevonatai, különböző konyhai edények, háztartási áruk, fürdőszoba- és fűtőberendezések tartoznak a legfontosabb zománcozott termékek közé.

A tűzzománcozás célja a fémeszközök (öntöttvas, acél, réz, alumínium), dísz tárgyak, ékszerek (arany, ezüst), használati tárgyak díszítése, kémiai behatások elleni védelme, a felületi egyenetlenségek megszüntetése.

A szép külső, a díszítés igénye már őseink idején felmerült, így nem meglepő, hogy a tűzzománcok felhasználása több ezer éves múltra tekint vissza. Az ember kb. 6000 éve készít bort, az üveget 5400 éve ismeri, így a 4500 éves múltra visszatekintő tűzzománc az emberiség egyik legrégebben ismert és gyártott „vegyipari” terméke. Kezdetben kizárólag ékszerek és használati tárgyak díszítésére alkalmazták, ipari méretű gyártás és felhasználás csak a XVIII. század végén indult meg. A színesfémek (arany, ezüst, réz) már az ókortól jól ismert zománcdíszítési technológiája mellett 1764-ben Würtenbergben a Königsbronn olvasztóműben meg-

kezdtek a tűzzománcozott öntöttvas használati edények gyártását is.

Már ekkor felmerült a vaslemez zománcozásának igénye, ám új zománc-alapanyagok felfedezését kivéve (As_2O_3 , CoO , SnO_2) nem történt lényeges előrelépés ezen a területen. Sőt a XVIII. században a gazdasági változások az igen borsos árú tűzzománcozott öntöttvas termékek háttérbe szorulását, és így a kezdetleges zománcolvasztás hanyatlását hozták. A felledülés és a modern kor igényeinek megfelelő lemezzománcok kifejlesztése és gyártása csak az acéllemez olcsó ipari előállítását lehetővé tevő Bessemer- és Siemens-Martin-eljárások megjelenése után indult meg. Ezt követően az ipari, empirikus tapasztalatokon alapuló zománcgyártást lassan felváltotta a tudományosan megalapozott gyártástechnológia. Bár az olvadékokban lejátszódó folyamatok leírása még napjainkban sem teljes, a jelenlegi fejlettség közelíti a maximumot.

A felhasználóipar állandóan új, jobb minőségű, speciális zománcok előállítását, korszerű és gazdaságos felhordási technológiák kialakítását, modern alapanyagok felkutatását és kifejlesztését igényli.

A tűzzománcok szerkezete és felépítése

Dietzel szerint¹ „A tűzzománc nem teljesen kiolvasztott szervesetlen, főleg oxidos összetételű, lényegében üvegesen megszilárdult anyag, amelyet különböző adalékokkal vagy adalék nélkül, megőrölve, egy vagy több rétegben égetnek rá a bevonandó felületre.”

A zománcozás tehát lényegében a fémeknek üveggel történő bevonása, díszítése és védelme. Természetesen erre a célra nem felel meg bármilyen üveg; az összetétel változtatásával a fizikai tulajdonságokat (pl. hőtágulás) a fémhez kell igazítani.

A tűzzománcok szerkezetét az üvegek felépítésének áttekintésével ismerhetjük meg legkönnyebben.

A Zachariasen-Warren-elmélet szerint az üvegek SiO_4 -tetraéderek térbeli hálózataból állnak, amelyben minden Si^{4+} -iont négy O^{2-} -ion vesz körül úgy, hogy a szilíciumion a tetraéder középpontjában, a négy oxidion pedig annak négy csúcsán helyezkedik el. A tetraéderek egymással csak a csúcsokon keresztül kapcsolódhatnak, így két tetraédernek csak egy közös oxigénje lehet. Hasonló SiO_4 -tetraéder hálózat van a kristályos kvarcban is, de amíg a kvarcban a hálózat szigorúan szabályos, addig az üvegekben a tetraéderek különböző számú tagból álló gyűrűket alkotnak, melyek teljesen szabálytalanul kapcsolódnak egymáshoz (1. ábra)². A szabálytalan hálózatban üregek képződnek, amelyekben különböző fémek ionjai helyezkedhetnek el.

Az üveges állapotú anyagok tulajdonságai, éppen e sajátos szerkezet miatt, nem egyenletesen változnak; határozott olvadási-, illetve forráspontjuk nincs, hevítve fokozatosan lágyulnak, majd nagy belső súrlódású folyadékot képeznek.

A térhálózat kialakításában szilíciumon kívül más elemek ionjai (P^{5+} , B^{3+} , As^{3+} , Si^{4+} , Ge^{4+} ,

Sb^{3+}) is részt vehetnek, ezeket hálózati-, illetve rácsképző ionoknak nevezzük. A térháló üregeiben elhelyezkedő alkálifém- (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) és alkáliföldfém-ionokat (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}), amelyek a térháló szerkezetét és annak kialakulását befolyásolják, módosító ionoknak nevezzük.

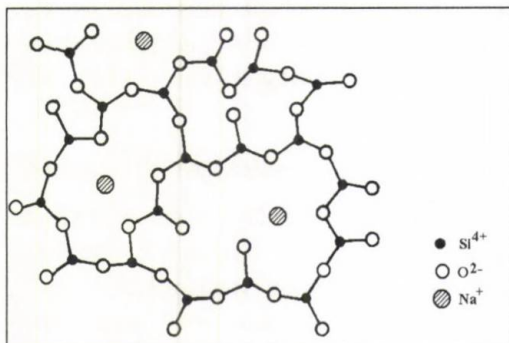
Az alkálifém-oxidok az $=\text{Si}-\text{O}-\text{Si}=$ kötések bontásával $=\text{Si}-\text{O}-$ csoportokat hoznak létre, amihez az alkáli ionok ionos kötéssel kapcsolódnak; így az elektronneutralitás megmaradása mellett az üvegben szabadon mozoghatnak.

A kétértékű oxidok beépülésekor szintén felhasadnak az $=\text{Si}-\text{O}-\text{Si}=$ kötések, de kétértékű kationok nagyobb polarizáló hatása miatt az $=\text{Si}-\text{O}-\text{Me}^{2+}$ kötések már ionos-kovalens átmenetet mutatnak. A háromértékű ionok beépülése pedig erősen kovalens jelleggel történik. Ezek az ionok beépülhetnek a térhálóba, de az üregekben is helyet foglalhatnak, ezért átmeneti ionoknak nevezzük őket. (Ti^{4+} , Sn^{4+} , Al^{3+} , Zr^{4+} , Fe^{3+} , Be^{2+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{3+} , Fe^{2+} , Pb^{2+})

A különböző üveges szerkezetű anyagok közötti kapcsolat látható az 2. ábrán³, míg a 3. ábra⁴ az egyes zománc típusok közötti összefüggéseket mutatja be.

A zománcgyártás és feldolgozás technológiája

A zománc olvasztása 400-1500 kg alapanyag befogadására alkalmas szakaszos üzemű olvasztódobokban, illetve nagy mennyiségű, azonos típusú zománcok gyártásakor ma már inkább folyamatos olvasztókemencékben történik. Az olvasztási hőmérséklet 1250-1350 °C, olvasztási idő 80-120 perc. A szükséges technológiai idő után a vörösen izzó üvegolvadékot vízbe vagy vízzel hűtött hengerek közé csapolják, így hirtelen megszilárdul, az ébredő nagy belső feszültségek miatt apró morzsalék, ún. zománcfritt, illetve zománclapka keletkezik. A szárítást, csomagolást követően így kerül félkésztermékként a felhasználóhoz. A további feldolgozás technológiától függően púder vagy nedves zománciszap formájában történik.



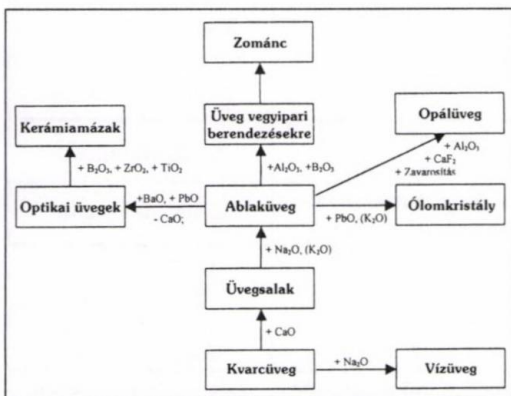
1. ábra
A nátronüveg szerkezete

A felhordási technológiát az egyes zománc-típusok fejlesztésével párhuzamosan dolgozták ki. A gazdasági, termelékenységi megfontolások általában kényszerű, kompromisszumos megoldásokhoz vezettek; főként a munkadarabok száma, minősége és külső formája szabja meg a választást a száraz és nedves felviteli módszerek között.

A finom porokat, púderokat szárazon *elektrosztatikus szórással* (öntvények esetén *sztálással*) viszik fel a munkadarabra. Az eljárás előnye a kis alapanyag-vesztés és a szabályozható rétegvastagság; viszont a technológia rendkívül érzékeny a körülményekre.

Általánosabb a *nedves felhordás*, amikor a frittet vízzel, malomadalékokkal, állító- és lebegtetőanyagokkal nedvesen őrölve sűrűn folyó iszapot képeznek, ezt aztán mártással vagy szórással viszik fel a felületre. E régebbi, kiforrottabb technológia kevésbé érzékeny a körülményekre, de a megfolyások, az egyenetlen rétegvastagság és az iszap konzisztenciájának időbeli változása miatt itt is lehetnek problémák.

A zománcbevonat felhordása, szárítása után a munkadarabok a beégető kemencébe kerülnek, ahol 800-900 °C hőmérsékleten a tárgy méretének megfelelő idő alatt ráolvad, és homogén üvegszerű bevonatot képez.



2. ábra

Az üveges szerkezetű anyagok közötti kapcsolat

Általában két zománcréteg kerül a munkadarabra. Az *alpozománc* biztosítja a kötést a fedőzománc és a fém között. Erre kerül felhordásra a termék külső megjelenését és ellenállóképességét biztosító *fedőzománc* réteg.

Az újabb fejlesztésű direktzománcok már egy rétegben, közvetlenül az előkezelt felületre felszórva, képesek megoldani az alap és a fedő zománcréteg feladatait.

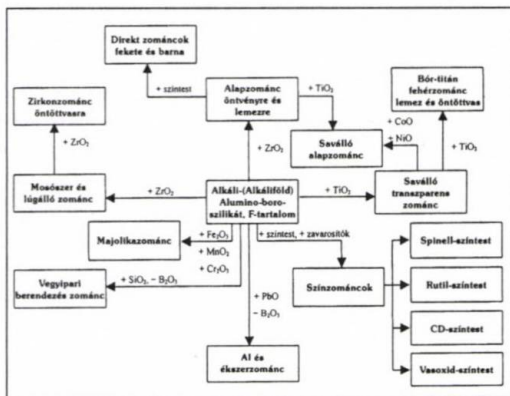
A beégetési és a felhordási technológiák szerint csoportosíthatjuk az egyes eljárásokat. Az alap- és fedőzománc beégetése történhet két lépésben külön-külön: *két réteg – két égetés*; vagy energiatakarékosabb módon: *két réteg – egy égetés*. A korszerű, speciális direktzománcok esetén csak *egy réteg* felhordása és *beégetése* szükséges.

A **felhordási technológiának**, a gyártott termékeknek és a felhasznált zománc típusának kapcsolata látható az 1. táblázatban.

Az iparban gyártott zománcok típusai

I. Öntvényzománcok: beégetés 900-920 °C

- Alpozománc
- Fedőzománc:
 - antimon alapú (1920-1950-es évek végéig)
 - zirkon alapú (1950-től; de csökkenő felhasználás)



3. ábra

Különböző zománc típusok kapcsolatrendszere

- titán alapú (1980-tól, a legkorszerűbb zománctípus)

II. Lemezzománcok

- Alapzománc: beégetés 800-820 °C
 – Fedőzománc: beégetés 810-830 °C
 a) Opak (fehér, krém stb.)
 b) Szemi opak (tetszőlegesen színezhető, pasztell)
 c) Transzparens (tetszőlegesen színezhető)
 d) Direkt zománcok (saválló, nem saválló)

III. Bojler zománcok (beégetés 840-860 °C)

IV. Egyéb speciális zománcok (építészeti, ékszer, művész, dekor)

V. Vegyipari zománcok (speciális olvasztási körülmények; Cr-, Co-adalék)

VI. Alumíniumra kifejlesztett zománcok (beégetés 400 - 430 °C)

A zománcipar jövője

A kiváló tulajdonságokkal rendelkező tűzzománc és ipari felhasználása remélhetőleg nem veszít jelentőségéből a közeljövőben sem. A zománcipar a legfontosabb területeken: a vegy-

iparban, a fürdőszobai és fűtőkészülék gyártásban, az edénygyártásban még napjainkban is vezető szerepet lát el.

A rozsdamentes acéledények megjelenése érzékenyen érinti ugyan a tűzzománcozott edényeket gyártó társaságokat, de új piacok keresésével és azok megosztottságát kihasználva, az olcsóbb árfekvés révén a probléma áthidalhatónak és kezelhetőnek tűnik.

Célul azonban mindenféleképpen a további célirányos fejlesztéseket, szisztematikus kutatásokat kell kitűzni, hogy az iparág megőrizze már kivívott helyét gyorsan változó és rohanó világunkban.

Irodalom

- [1] Dietzel, A.: Sprechsaal. 73. köt. 63. old. (1940)
- [2] Albert Péter Pál: Tűzzománcozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975
- [3] Kyri, H.: Handbuch für Bayer Email. Bayer Rickmann GmbH, Köln. 1974
- [4] Kyri, H.: Handbuch für Bayer Email. Bayer Rickmann GmbH, Köln. 1974

Felhordási technológia	Felhordandó anyag	Szükséges berendezés	Felhasználási terület
Nedves szórás (sűrített levegővel)	Lemez zománciszapok	Sűrített levegő + pisztoly	Acéllemez áruk
Mártás (kézi vagy gépi)	Alap- és fedőzománcok	Mártó eszközök	Edény, tűzhely stb.
Öntés (kézi vagy gépi)	Bojler zománcok	Vákuum	Bojlerek, tartályok
Elektrosztatikus nedves szórás	Nedves zománciszapok	Elektrosztatikus berendezés	Acéllemez síkárú
Elektrosztatikus száraz szórás	Lemezzománc púderek	Elektrosztatikus szóró-berendezés + pisztoly	Acéllemez síkárú
Száraz púder felvitel (szitával)	Öntöttvas zománcpúderek	Vibrációs szita	Öntöttvas áruk (fürdőkádak)
Fluidizált púder felvitel	(felhevített öntöttvasra)	Fluidizáló tartály	Kisméretű öntöttvas áruk (pl. itatók)
Dekor felvitel	Dekor zománcok	Matricagyártó berendezés	Edénydekor, jelzések

1. táblázat

A felhordási technológia és a zománctípus kapcsolata, berendezései

Dr. Galbács Zoltán

Különleges kísérletek

Lehet-e veszélyes a mobiltelefonunk?

Az utóbbi évtized a mobiltelefonok dinamikus elterjedését is hozta. Ma már világszerte több, mint 200 millió mobiltelefont használnak. Elterjedésük feltartóztatatlannak tűnik. Népszerűségükkel együtt felerősödtek azok a törekvések is, amelyek az elektromágneses sugárzás káros hatásának feltételezésével kívánják elvenni az emberek kedvét a használatuktól.

A mobiltelefonok által is használt frekvencia-tartományban az elektromágneses sugárzás a molekulák elektronrendszerére hatva hőt fejleszt, és egyesek szerint a kémiai kötések is képesek elszakítani. A két hatást elkülönülten mérni

nehéz, mivel az anyag, ha elnyeli az elektromágneses sugárzást, felmelegszik, és a túlzott felmelegedés kémiai változást is előidézhethet. Ha a használatos, elektromágneses sugárzáson alapuló készülékeket összehasonlítjuk (1. táblázat), akkor látható, hogy igen kis elektromos teljesítménnyel működnek a kézi telefonok. Ha a működtető teljesítmény teljes egészében elnyelődne is az emberi testben, a maximálisan 1 W hatására számottevő felmelegedés akkor sem következhetne be, már azért sem, mert az emberi szervezet saját hőmérséklet-szabályozó rendszere gondoskodik a „termosztázisról”. Mi-

Frekvencia-tartomány	Tipikus teljesítmény	Maximális teljesítmény valamely irányban	A berendezés funkciója
0,53 – 1,6 MHz	100 W – 50 kW	50 kW	AM rádió adó-állomás
54 – 88 MHz	100 W – 100 kW	100 kW	VHF TV 2-6 csatorna adóállomás
174 – 216 MHz	400 W – 325 kW	325 kW	VHF TV 7-13 csatorna adóállomás
88 – 108 MHz	50 W – 100 kW	100 kW	FM rádió adó-állomás
150 – 900 MHz	60 – 100 W	Bázisállomás: 100 W Kézipeszlő: 3 W	Rádiótávközlés
470 – 800 MHz	3 kW – 5 MW	5 MW	UHF TV 14-69 csatorna adóállomás
450 – 900 MHz	100 W	Bázisállomás: 600 W Kézipeszlő: 1 W	Rádiótelefon
900 – 1900 MHz	10 W	Bázisállomás: 100 W Kézipeszlő: 0,6 W	GSM mobiltelefon

1. táblázat
Tipikus telekommunikációs berendezések

vel az elektromágneses sugárzás a térben terjed, az energiából csupán töredéknyi az, amely a testünkön keresztül és nem a többi irányban terjed. Az esetleges káros hatások mérséklését szolgálja, ha a készülékek elektromos teljesítményét csökkentik (modernebb, drágább készülékekkel), vagy külön mikrofon + fülhallgató tartozékkal („hands free” szettel) a fejünktől távolabb elhelyezhető készülékkel telefonálunk. Egyes kutatóintézetek az emberi fejet modellező elhelyezéssel és legalább 10 g-nyi elnyelő anyaggal mérik, mennyire melegít a telefonálás. Ezen kísérletekből különböző határértékeket állapítanak meg. Az egyik ilyen **SAR** (Specific Absorption Rate, W/kg) határérték (a „Safety Code 6” szerint a 3 MHz fölötti frekvenciatartományban): **1-4 W/kg** a testsúly átlagára vonatkoztatva.

Hiába mutatnak a mérések csekély hőmérséklet-növekedést, hiába nyilvánvaló, hogy az alkalmazott elektromos teljesítmény alapján nem érhető el a veszélyes szint, hiába csökkenthető az egyén sugárterhelése (pl. kihangosítót használva), hiába sikertelenek a káros hatás ki-

mutatására tervezett kísérletek, hiába nem lehet a legalább 200 millió használnál erre visszavezethető károsodást észlelni, a híradásokban, az egyénekben mégis megfogalmazódnak a kételemek, hátha mégis veszélyes lehet.

Kémikusként talán sikerülhet mérsékelni a kételyeket, ha magunk is tudunk kísérleti bizonyítékot szolgáltatni, amely az ártalmatlanság mellett szól.

Élő anyagként (az ember helyett) a környezeti ártalmak tesztelésére a már máshol is jól bevált élesztőt választhatjuk (*Saccharomyces cerevisiae*). Az élesztő cukortartalmú oldatban alkoholt és szén-dioxidot fejleszt:

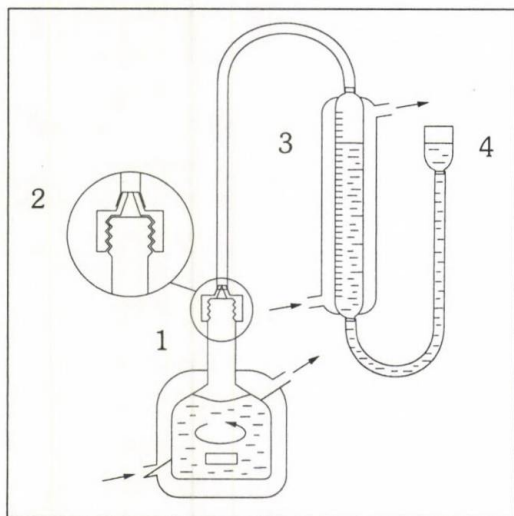


Ha valamely káros anyag az élesztőt mérgezi, aktivitását csökkenti, akkor egy meghatározott idő alatt fejlődött szén-dioxid térfogata kevesebb lesz. Mivel a gáztérfogatmérés nagy pontossággal kivitelezhető, így már csekély aktivitás csökkenést is észlelni lehet. Ilyen módon lehet kimutatni arzén-szennyezés jelenlétét vizes oldatokban, PCB jelenlétét olajokban stb.

Az élesztővel végzett kísérletek különös előnye:

- Az ember helyett mégiscsak élő organizmussal kísérletezünk.
- A kis terjedelmű élesztőgombák a sugárzási térben tetszés szerint és kis helyen is elhelyezhetők.
- Egy besugárzáskor az egyedszám milliónyi is lehet, ezért a kísérlet eredménye statisztikailag értékeesebb, mintha csak néhány kísérlet végeznénk.

Gáztérfogat méréshez választhatunk egy 100 cm³-es lombikot, amelyet egy gázbürettához csatlakoztatunk vékony műanyag csővel. (1. ábra) (Csavaros zárású lombiknál különösen egyszerű a műanyag zárókupakhoz illeszteni a műanyag csövet.) Gázbüretta helyett választhatjuk azt a megoldást is, amit a fejlesztett gázok



1. ábra

A szén-dioxid-fejlődés mérése

- 1: reakció edény; 2: csatlakozás a mérőtérhez;
3: osztással ellátott mérőcső (gázbüretta);
4: nívóedény a nyomás kiegyenlítéséhez és térfogat leolvasáshoz

felfogásánál szokás alkalmazni. (Az 1. irodalomban 4.21., 4.43. ábra szerint, a 2. irodalomban a 156. ábra szerint is építhetünk gázmérőkészüléket.) Különösen pontos méréshez ajánlott a termosztálás megoldása. (Nem feledve, hogy a reakció sebességét is befolyásolja a hőmérséklet, de a gáz térfogata is megváltozik °C-ként az eredeti térfogat 1/273-ad részével!)

Élesztőként az ún. szárított sütőélesztőt választjuk (pl. a Dr. Oetker instant sütőélesztőt). „Táptalajként” a kristálycukor 1-5%-os desztillált vízzel készült oldatát alkalmazzuk. A cukron kívül az élesztő működését más tápanyaggal nem segítjük. Az első órai működéshez elegendő egyéb „tápanyag” (N-, P-forrás) benne maradt a gyárilag liofilizált készítményben. A nem bőséges táplálás, a nem kedvező szaporodási feltételek mellett kifejezettebb lesz a mérgező anyagok (hatások) aktivitást csökkentő szerepe. Választhatjuk akár a Coca-Cola- vagy Pepsi-Cola-oldatot is a cukoroldat helyett. Ekkor még méricksélni sem kell a cukrot, az ital cukortartalma elegendő. A kóla – amelyből hagytuk kipezsegni a főlös szén-dioxidot – mivel a cukor és foszforsav mellett még olyan szerves vegyületeket is tartalmaz, amelyek az élesztő szaporodását segítik, a szén-dioxid-fejlődés sebességét többszörösére növeli a desztillált vizes cukoroldattal mérthez képest.

Tudnunk kell, hogy az élesztő aktivitása függ az elegy pH-jától is. A mi esetünkben (akár a desztillált vizes cukoroldatot, akár a kólaoldatot használjuk) nem kell külső pH-megváltoztató hatással számolni. Ezért, bár a szén-dioxid-fejlődés ütemében változik az elegy pH-ja, a gázfejlődés jól reprodukálható. (2. táblázat)

Az elektromágneses tér hatásának vizsgálatához két forrást, kétféle besugárzást alkalmazhatunk:

1. Sugárforrás egy mobiltelefon
2. Sugárforrás a konyhai mikrohullámú „sütő”

A) Mobiltelefonunkat lássuk el fülhallgató-mikrofon tartozékkal. Ezzel a kiegészítéssel az asztalra helyezett mobiltelefonnal úgy tudunk telefonálni, hogy a készülék maga változatlan pozícióban marad. A bolti instant élesztőből két tasaknyit (összesen 14 g-ot) szórjunk át egy műanyag zacskóba, és helyezzük a kézi készülék alá vagy fölé úgy, hogy az élesztőkupac minél jobban közelítse meg az antennát. (Az elektromágneses tér vizsgálatánál az instant élesztő nem maradhat a gyári fémfólia csomagolásban!) A tetszés szerinti üzemmódválasztás és időtartam után az élesztő aktivitását vizsgáljuk meg gáztérfogat mérési kísérlettel. A kísérlet során igénybe vett elektromos energiát a készülék adatlapjából állapíthatjuk meg.

	1. kísérlet	2. kísérlet	3. kísérlet	4. kísérlet	5. kísérlet
40 perc alatt fejlődött CO ₂ térfogata cm ³	12,95	13,10	13,05	12,95	13,09

2. táblázat

Példa az élesztőaktivitás mérésének reprodukálhatóságára

Hőmérséklet: 30 °C. Légnyomás: 1017 Pa. Élesztő: Dr. Oetker instant sütőélesztő, amely csomagonként 7 g száraz élesztőt és kevés emulgeálószer (E 472 c) tartalmaz. Az instant élesztő egyenértékű 25 g friss (nedves) élesztővel. Reakcióelegy: 0,20 g szárított élesztő + 2 g kristálycukor + 50 cm³ desztillált víz. Kivitelezés: 50 cm³ desztillált vizet mérünk a reakcióedénybe. Elin-dítjük a mágneses keverést, és 15 percig várunk a hőmérséklet állandósulására. Ezt követően előbb az előzetesen kimért 2 g cukrot, majd oldódását követően a 0,20 g élesztőt szórjuk a reakcióedénybe. A stopperórát az élesztő beszórásakor indítjuk. A reakcióedényt baladéktalanul összekötjük a gázbürettával (zárjuk a rendszert), és idő függvényében meghatározzuk a fejlődött gáz térfogatát.

B) Mikrohullámú konyhai készülék is lehet forrás. (Ezek frekvenciája 2150 MHz és teljesítményük maximálisan 700-900 W.) A magnetronból induló sugárzás a „mikrohullámú sütő” belső faláról sokszorososan visszaverődik, és közben a sütőbe helyezett tárgyat sokszor is átjárhatja. Még ha a tárgy elnyelő képessége csekély is, a többszöri keresztül-kasul járás miatt vehetjük úgy, hogy a magnetronból induló sugárzási energia az elnyelő tárgyban abszorbeálódik.

Mindenekelőtt válasszunk ki egy teljesítményfokozatot, és mérjük meg a mikrohullámú sütő tényleges teljesítményét a kiválasztott fokozatban! Ehhez vegyünk egy vékony falú, zárható, a mikrohullámú készülékbe beférő műanyag edényt, és töltsünk bele ismert mennyiségű desztillált vizet (pl. 1 kg-ot)! Mérjük le pontosan a víz hőmérsékletét! Helyezzük ezután (az edényt lezárva) a mikrohullámú sütőbe! A kiválasztott fokozaton járassuk a készüléket addig, hogy a víz

hőmérséklete néhány fokkal emelkedjék! A kivett edényt (még mindig bedugaszolva) rázogassuk, hogy a bezárt víz jól elkeveredjen! Erre azért van szükség, mert a mikrohullámú energia a vízbe csak kb. 2-3 cm-es mélységig tud behatolni, addigra elnyelődik, hővé alakul az energiája. Ezért a víz külső része jobban felmelegszik, mint az edény közepében. Összerázás után az edényt kinyitva ismételtelen megmérjük a víz hőmérsékletét. Ha a melegítés idejét is pontosan mértük (stopperórával), akkor az elnyelt mikrohullámú energia számítható. A számítás alapja az, hogy 1 kg tömegű víz hőmérsékletének 1,00 °C-kal való hőmérséklet emeléséhez 4,182 kJoule (1 kcal) szükséges, és a hőmérséklet-emelkedés (elnyelt mikrohullámú energia) egyenesen arányos az idővel. (3. táblázat)

A kísérlet alapján belátható, hogy a kiválasztott fokozatban a mikrohullámú sütő teljesítménye nagyságrendekkel haladja meg a mobiltelefon sugárzási teljesítményét. Ugyanakkor az is becsl-

Fokozat az ELEKTA készüléken	Sugárzás időtartama t / s	Kezdeti hőmérséklet T_1 / °C	Végso hőmérséklet T_2 / °C	Hőmérséklet növekmény ΔT / °C	Teljesítmény $\Delta T / t$ kcal / s	Teljesítmény átlagosan W
(Niedrig)	420	17,64	25,40	7,76	0,01848	76
Alacsony	600	17,90	28,72	10,82	0,01803	
(Warm)	300	17,15	29,10	11,95	0,03983	167
Melegítés	360	17,30	31,73	14,43	0,04008	
(Auftauen)	240	16,70	30,20	13,50	0,05625	235
Felolvasztás	300	16,92	33,70	16,78	0,05593	
(Medium)	240	16,60	34,10	17,50	0,07292	304
Közepes	180	16,61	29,70	13,09	0,07272	
(Braten)	120	16,95	29,28	12,33	0,1027	427
Sütés	240	19,92	41,50	24,58	0,1024	
(Aufwärmen)	70	23,85	32,09	8,24	0,1177	496
Felmelegítés	120	20,30	34,60	14,3	0,1192	
(Hoch)	90	18,80	32,00	13,20	0,1467	606
Magas	120	20,20	37,48	17,28	0,1440	

3. táblázat

A mikrohullámú készülék teljesítményének meghatározása.

Készülék: ELEKTA EMO-336 Modell, frekvencia: 2450 MHz, teljesítmény: 750 W. Teljesítménymérés 1 kg tömegű víz melegedésének mérésével.

hető, hogy a saját mobiltelefonunk (pl. 1 perc alatt) mennyivel növelhetné agyunk (jelentős része víz) hőmérsékletét.

Hozzáfoghatunk az élesztő besugárzásához. Mivel a mikrohullámú sütőben sokszorosan több elektromágneses energia járhatja át az anyagot, mint a mobiltelefonálás közben, célszerű a hőhatást leválasztani. Ha az elektromágneses sugárzás esetleges szerkezetromboló hatását kívánjuk tanulmányozni, a hőhatást csökkenteni kell. Erre ideális a szárazjég (szénsavhó). A szén-dioxid nem dipólusos molekulái alig abszorbeálják a mikrohullámú energiát, ugyanakkor a velük érintkezésben lévő anyagot kb. $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hűtik. Helyezzünk mikrohullámú készülékben használatos műanyag edénybe (amely anyaga ugyancsak kevésbé abszorbeál) egy réteg szárazjeget, szórjunk rá szárított élesztőt, és fedjük be szárazjéggel ismét! Enyhe nyomkodással tömörítsük, ezáltal biztosítva a jó hűtőhatást! A kiválasztott teljesítményfokozaton járassuk a készüléket, mindig új élesztőadagokkal! A besugárzott mintákat kivéve és megvárva, amíg a szárazjég elszublimál, az így kezelt élesztővel ugyanúgy kísérletezhetünk, mint korábban. Az élesztő aktivitásának változása (a fejlesztett szén-dioxid) a mikrohullámú energia függ-

vényeként a mi kísérletünknel a 4. táblázatban látható.

A táblázatból kitűnik, hogy a mobiltelefonnal elérhető „SAR”-nál sokkal nagyobb, csupán az 5-6 nagyságrenddel nagyobb sugárterhelésnél mérhetünk csekély (kb. 1%-nyi) aktivitáscsökkenést. Ha a mikrohullámú besugárzást tovább növeljük, akkor vele együtt nő (előbb arányosan, majd fokozódó mértékben) az élesztő degenerálódása (aktivitás csökkenése). Ennek a változásnak is jórészt az anyag felmelegedése lehet az oka, és nem a mikrohullám közvetlen szerkezetromboló hatása. Mivel az instant élesztő is tartalmaz (méréseink szerint 3%-nyi $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on eltávolítható) vizet, az élesztő valamelyest felmelegszik a besugárzás közben. Ezzel egyidejűleg a szénsavhó szublimálása hűt is. Ha a melegedő élesztőből **vezetéssel** elvonható hő kisebb, mint az élesztő belsejében a mikrohullámmal (**sugárzással**) fejlesztett hő, akkor a szárazjég hűtő-védő hatása nem tökéletes. Az élesztő túlmelegedhet, és emiatt csökkenhet az aktivitása. A hőkezelés aktivitáscsökkentő hatása külön kísérlettel meghatározható. A mi méréseink eredményeit az 5. táblázat tartalmazza.

A 4. táblázat adataiból egy mobiltelefon kb. 1 W-os ($\text{SAR} = 0,8\text{ W/kg}$) teljesítményére extra-

Fokozat	Besugárzás időtartama s	Élesztő aktivitása %	„Elnyelt” energia kjoule / 0,5g élesztő	„SAR” W/kg
—	0	100	0	0
Alacsony	120	99	9,137	152200
Közepes	120	96	36,45	607400
Sütés	120	92	51,21	853400
Magas	120	82	72,80	1213400
Magas	420	67	254,8	1213400

4. táblázat

Az élesztő aktivitásának csökkenése a mikrohullámú besugárzás hatására

Eljárás: A 0,5 g instant Dr. Oetker sütőélesztőt vékony falú polisztirol pohárba szórtuk, és 5 cm vastag szénsavhó (szárazjég) réteggel fedtük be, fogtuk közre. Az ELEKTA EMO-336 típusú mikrohullámú készülékben besugároztuk, majd kivéve és a szénsavhó teljes elszublimálását követően a szokásos módon mértük az élesztő szén-dioxid-fejlesztő aktivitását.

polálva nyilvánvaló, hogy **a mobiltelefon sugárzása mérhetően káros hatást nem okozhat.** Valóban, az A. módszer szerint, és egy PANASONIC G450-es mobiltelefonhoz érintkezett élesztővel aktivitáscsökkenést nem tudunk kimutatni.

A fentiek alapján bárki ellenőrizheti a saját mobiltelefonját is!

Irodalom

- [1] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999
- [2] Pais István: Kémiai előadási kísérletek, Tankönyvkiadó, 1964
- [3] Hans G. Schlegel: General Microbiology, University Press, Cambridge, 1997
- [4] Török Béla, Molnár Árpád: Kémiai átalakulások mikrohullámú és szonokémiai aktiválással, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1997
- [5] What is SAR? <http://www.sartest.com/page9.htm>
- [6] Wireless telecommunications and health, http://www.wirc.org/health/Habbick_report_010900.pdf
- [7] Wireless and Your Health, <http://www.wirc.org/health/health.html>
- [8] „Which?” Magazine, April 2000, Special Report, 11-17. oldal
- [9] CENELEC European Specification ES59005 October 1998 – „Consideration for evaluation of human exposure to Electromagnetic Fields (EMFs) from Mobile Telecommunication Equipment (MTE) in the frequency range 30 MHz-6 GHz.”
- [10] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and electromagnetic fields (up to 3000 GHz). Health Phys., 74, No. 4, 494-522 (1998).
- [11] SAR tests of two mobile phones with personal hands-free kits, Report prepared by SARTest Ltd for Vodafone, SARTest Report 75/00, April 2000
- [12] J.E. Moulder, L.S. Erdreich, R.S. Malypa, J. Meritt, W.F. Pickard, Vijayalaxmi: Cell phones and cancer: What is the evidence for a connection, Radiation Research, Vol. 151, No. 5, pp. 513-531
- [13] Information on the Department of Health's science and research programme, <http://www.doh.gov.uk/mobilephones/research>
- [14] Ericsson, <http://www.ericsson.se/health/>
- [15] Motorola, <http://www.motorola.com/General/rfhealth>
- [16] Nokia, <http://www.nokia.com/safety>

	Az élesztő aktivitása a hőkezelés után a nem hőkezelt aktivitásának %-ban kifejezve		
Hósokk időtartama / perc	Hőkezelés 72 °C-on	Hőkezelés 100 °C-on	Hőkezelés 130 °C-on
0	100%	100%	100%
25	99%	79%	45%
50	95%	75%	26%
75	89%	73%	16%
100	84%	72%	8%

5. táblázat

Az élesztő aktivitásának csökkenése a hőkezelés hatására

„Mehr Licht!”¹

Dr. Szalay Tibor

A „második tűzgyújtás”, avagy az elektromos fényforrások fejlesztésének diadalútja

Bevezetés

Az emberi nagyság egyik fokmérője lehet az előrelátás, vagyis az a felismerő/ráérző képesség, amivel egy tudós, feltaláló, politikus stb. kiemelkedik kortársai közül. Természeténél fogva azonban a „jövőbelátás” mindig csak utólag igazolódik, illetve magyarázható: miért lett pl. Napóleon: *Napóleon*, Goethe: *Goethe*, Thomson: *Thomson* stb. Az viszont – talán – kevésbé érthető, de mégis magyarázható: miért nem volt azonnal gyakorlati következménye annak, hogy Napóleon 1801-ben meghívta Párizsba Voltát a **Volta-oszlop** bemutatására, vagy miért ment feledésbe az a **galvánelem**, amelynek nyomaira régészek bukkantak? (Bagdad közelében a régészek, mintegy kétezer éves leletként, egy agyagedény mellett vas- és rézdarabokat találtak. Ennek nyomán összeállítottak egy galvánelemet, vagyis „rekonstruálni” akarták az eredeti battériát: az edénybe 5 %-os konyhasóoldatot öntöttek, majd réz- és vaslemezt helyeztek el benne. Ez a galváncella, 0,25 V feszültség mellett, 200 órán át 250 mA-es áramot „termelt”, aminek segítségével egy kb. 3 cm-es ezüsttárgyat, egy szoborcskát, 2 óra alatt tudtak bearanyozni. [1])

Még mindig vita tárgya, ki is fedezte fel az **elektront** [2], vagy hogy valóban elemi egység-e [3]. Kié vagy kiké az érdem mindazért, amit ma az elektromosságról tudunk, illetve főként mindazért, amit az **elektromosság széleskö-**

rű alkalmazásának köszönhetünk? (Galvani 1737-98, Volta 1745-1827, Davy 1778-1829, Faraday 1791-1867 stb., hiszen a sort szinte vég nélkül folytathatnánk.)

Miért van az, hogy egyre kevesebben ismerik és ezért aztán nem is értékelhetik pl. a valamikor méltán világhírűvé vált Edisons (1847-1931), aki a kb. 1200 /!/ találmánya között megalkotta a szénszálas izzólámpát, és nagymértékben járult hozzá, hogy az elektromos lámpák kifejlesztése felgyorsult, vagy Langmuirt (1881-1957), aki éppen az izzólámpa fizikai kémiája terén elért sikereiért kapott Nobel-díjat 1932-ben (és jogosan tarthatjuk a *felületkémia elsőszámú mesterének*)?

Jóllehet, aligha kétséges, hogy az **emberiség fénykora** (szó szerint és átvitt értelemben egyaránt) az **elektromos fényforrások felfedezésével kezdődött**, ami természetesen elválaszthatatlan az elektromosság elemi egységének, az **elektronnak** és tulajdonságainak a megismerésétől. (A fejlődés gyorsaságát és jelentőségét mutatja, hogy a 20. század második felében, néhány év alatt differenciálódással létrejöttek, azaz önállósultak az olyan tudományágak is, mint a szilárdtest-fizika és –kémia, majd integrálódással, műszaki tudományágakkal is kiegészülve az anyagtudomány/ok = material sciences/. Ennek egyik jellemzője és következménye, hogy a határok elmosódtak a fizika, a kémia, a kohászat stb. tudományágak között.)

¹ Több fényt (J. W. Goethe, 1749-1832)

Lehet-e kellőképpen értékelni, mi minden következménye és haszna van annak, hogy elektromos fény gyúl bármikor és bárhol, **akár a nap teljes 24 órájában?** Ugyanakkor ez a fény, könnyedén elsötétíthető/megszakítható, vagy tulajdonsága (erőssége, színe stb.), ma már szinte korlátlanul, megválasztható.

Vitathatatlanul az elektromos fényforrások tették lehetővé, hogy sokcélúan **élvezhetjük korunk vívmányait, és javuló hatásokkal használhatjuk ki az időt.**

Beletörődhetünk-e abba, hogy a magukat felkentnek hitt (és gátlástalanul hirdetett) „próféták” félrevezessék a mindennapi embert? Sokaknak talán eszébe sem jut, mekkora hálával tartozunk mindazoknak, akik tevékenységükkel, áldozatos és kemény munkával járultak hozzá a haladáshoz, és hogy mi mindent ismerhettünk meg általuk a mikro- és makrovilágból az emberi boldogulás érdekében. (Miközben – az ezredforduló nem nagy dicsőségére – a haszonlesők, a kuruzslók stb. büntetlenül visszaélhetnek a nem-tudással és a nagyon sajátos emberi vonással, a csodavárással. Az elektromos fényforrásokat, valamint azok megálmodóit és megalkotóit pedig valóban és méltán lehetne csodálni.)

E bevezető gondolatok után megkíséreljük az **elektromos fényforrás – kutatás és – fejlesztés** jelentősebb állomáshelyeit, fordulópontjait felvázolni, a legfontosabb eredményeket pedig összefoglalni.

Az áttekintést az **energiahordozó elektron** bemutatásával kezdjük.

Egy különleges „reagens”, az elektron [3a]

Az elektromosság elemi egysége az elektron (e^-), amelynek makromennyisége az 1 mol elektron, azaz $6,02 \cdot 10^{23}$ db elektron (= 96 500

coulomb = 1 faraday)². (A mindennapi gyakorlatból is jól ismert, hogy az áramerősség egysége az amper, jele A, ami azt jelenti, hogy az elektromos vezető teljes keresztmetszetén másodpercenként egy coulomb, vagyis durván $6 \cdot 10^{18}$ db elektron halad át.)

Az elektron tömege $9,1 \cdot 10^{-28}$ g, vagyis az 1 g/mol relatív molekulatömegű, vagyis a $6,02 \cdot 10^{23}$ db hidrogénatomból egyetlen egy //tömegének, a közel 1840-ed része, és a pontszerűnek elfogadott elektron sugara pedig mintegy $1 \cdot 10^{-13}$ cm körüli értékkel jellemezhető. Mivel az atomok sugara általában angströmnyi, azaz $1 \cdot 10^{-8}$ cm méretű, következésképpen **az elektron mintegy százezerszer, tehát 5 nagyságrenddel kisebb, mint az igazán nem nagyságukról ismert atomok vagy molekulák.** (Hogyan lehet az, hogy egyetlen elektronfölség vagy éppen – hiány a hozzá képest ekkora „nagyságú” atom vagy molekula egészének fizikai és kémiai viselkedését éppen az ellenkezőjére tudja megváltoztatni? Tényleg lehet szerkezete, valamilyen sajátos és mindeddig, ismeretlen felépítése az elektronnak, vagyis közel sem tekinthető pontszerűnek [3]?)

A ma törvényes SI-mértérendszerben az angström helyett a nanométer egységet használjuk: $1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$, tehát 1 angström = 0,1 nm.)

A kémiai reakciók nyilvánvalóan csak akkor következhetnek be, ha **a reakcióban résztvevő atomok vagy molekulák és ionok** (megfelelő módon és körülmények között) „ütköznek”, miközben **elektronokat adnak át közvetlenül egymásnak**, és ezáltal termék-molekulák (vagy -atomok vagy -ionok) jönnek létre. (Az „elektroncsere” változatai lehetnek: a tel-

² Az anyagok építőköve, elemi egysége az atom, illetve általában a molekula, ami több atomból épül fel. Az elsőként felfedezett elemi részecske az elektron volt [17]. Az érintett galváncellában, vagy galvánelemben elektromos áram termelése közben anyagátalakulás következik be. Ennek éppen fordítottja zajlik az elektrolizáló cellákban. Az előbbi esetben a cél **elektromos áram termelése** (optimális esetben közel 100 %-os hatásokkal!), az utóbbi esetben pedig -elektromos áram befektetéssel- **értékesebb anyag előállítása**.

jes átadás, illetve átvétel, azaz ionok keletkezése vagy semlegesülése, illetve az ionoknak molekulává történő kapcsolódása elektrosztatikus erővel, vagy egymás elektronjainak kölcsönös használatával /l. még: ion- és kovalenskötés/.)

Ezzel szemben az **elektrokémiai reakcióknak éppen az a különlegessége, hogy a reagáló anyagok térbelileg el vannak választva**, vagyis eleve nem találkozhatnak, de **ennek ellenére is bekövetkezhet a kémiai átalakulás**, mégpedig *elektronok közreműködésével*. Az elektronok ún. *külső áramkörben* jutnak el az anódról a katódra, a *belső áramkörben* pedig, a sokkal kisebb sebességgel mozgó, ionok viszik magukkal az elektromosságot, vagyis teszik teljessé az áramkört. Következésképpen a cella két térfele, az anód- és a katód között, **működés közben, folyamatosan áramlik az elektromosság** (l. előbb is).

Az **elektromos fényforrásokban**, általában, hasonló események játszódnak le, vagyis elektronok és/vagy ionok áramoltatásával, azaz **elektromos árammal hozzuk létre, illetve „gerjesztjük” a fényt**, miközben energiát használunk fel (sőt, a fényforrások egy részében még anyagátalakulások is bekövetkeznek, mint-hogy atomokból vagy molekulákból ionok keletkeznek, és megfordítva).

Az elektromos fényforrások, mint másodlagos fényforrások

Isődleges energia- és fényforrásunk, a Nap atommagfolyamat révén magfúzióval termeli az energiát, aminek egy része látható elektromágneses sugárzásként, vagyis **fényként** jut a Földre, ami nélkül nincs élet (l. fotoszintézis). A másodlagos energiahordozók (kőszén, kőolaj, földgáz, lignit, tőzeg, fa, faszén stb.) és az ún. megújuló energiaforrások (szélenergia, a víz gravitációs energiája stb.) mindegyike atomenergiából töltődik fel, vagyis „újulhat meg”. (Kivétel talán az ár-apály jelen-

ség kihasználásából nyerhető energia.) (A Föld belsejében is termelődik atomenergia, mégpedig a radioaktivitással kísért atommagbomlások révén, ami ugyancsak hozzájárult ahhoz, hogy bolygónkon élet alakulhatott ki, illetve tartóssá is válhatott (l. geotermikus energia). Következésképpen, miért kellene elfelejtenünk az atomenergiát. /?!/)

Mióta ember az ember, mindig is törekedett arra, hogy a nappalt meghosszabbítsa, vagyis hogy „sötétben” is láthasson. Ebben volt segítségére a **tűz**, amit mindenekelőtt az égi kisülés, a villám (és a vulkánkitörés), bárhol és látványosan idézett elő, aminek utánzása, **a tudatos tűzgyújtás hozta az egyik döntő fordulatot az emberiség történetében**.

Csupán a 19. században érték meg a feltételek ahhoz, hogy a villám anyagi „mibenlétét”, az elektromosságot is felhasználhassa az ember, és pedig **fény gyűjtására**, ami legalább akkora jelentőségű lett az emberiség történetében, mint a tűzgyújtás, minthogy az élet minőségének ug-rásszerű, nehezen belátható, széleskörű megváltozását, és senki által el nem gondolt kibontakozását eredményezte.

Az elektromos fényforrások fejlődésének áttekintése

Terjedelmi okból, többnyire csak hivatkozni tudunk az e kérdéskörrel foglalkozó forrásmunkákra, amelyekből néhány érdekességet és tényyszerűséget vagy adatokat vettünk át, illetve törekedtünk összefoglalni [4 – 16].

Az elektromos fényforrások kezdeti időszaka [10]

Az elektromos lámpa megalkotásában az első lépéseket Hawksbee már 1709-ben megtette, aki nagyon jó vákuumban *világító elektromos kisülést* hozott létre, Watson pedig 1751-ben higanyos barométer belsejében idézett elő ilyen kisülést.

Ma már nyilvánvaló, hogy érdemi előrelépést tenni azonban mindaddig nem lehetett, amíg megbízható elektromos áramforrások nem álltak rendelkezésre. Mivel mind az elektromosságot termelő galvánelemek, mind az elektromosságot fejlesztő generátorok előállítására a 19. században kezdődött, ezért az elektromos lámpák története is csak ekkor indulhatott útjára.

1800-ban Volta sóoldatba mártott posztódarabok közé felváltva ezüst- és cinkkorongokat rakott, és ezzel létrehozta a róla elnevezett, és már említett, galvánelemet, a *Volta-oszlopot*. Az ugyanezen a területen (1802 és 1827 között) serénykedő *Humphrey Davy*, az elektrokémia másik nagy úttörője, réz- és cinklemezéből, valamint kénsavoldatból készítette el galváncelláját, amelyekből 2000 db-ot /!/ kapcsolt össze, és az így nyert áramforrással, 1808 körül, széndarabokkal, elektromos kisülést hozott létre. 1820-ban azt is bemutatta, hogy a platinát levegőn fel lehet izzítani, vagyis fényt lehet előidézni. Azt is megállapította, hogy más fémekkel szemben ezt hosszú ideig lehet „fehérizzáson” tartani. Ugyanekkor *de la Rue* úgy készített izzólámpát, hogy a platinaszálat levegővel töltött üvegcsőben helyezte el. Ez a lámpa azonban nem bizonyult elég jónak, mert levegőben a platina csak olvadáspontja közelében (1770 °C) kezd izzani.

1831-ben az elektrokémia ugyancsak nagy alakja, *Michael Faraday* kimutatta, hogy fémspirállal váltakozó mágneses térben elektromotoros erőt lehet nyerni. Ennek eredményeként megalkotta a *dinamót*, mégpedig úgy, hogy egy mágnespatkó sarkai között réztárcsát forgatott. 1840-ben *Grove* (a tüzelőanyag-cella feltalálója), a Royal Society-ben mutatta be elektromos lámpáját.

Angliában az első izzólámpa-szabadalmat *Frederick de Moleyns* szerezte meg, aki 2 platinatekercs között, áthidalásként, faszénport használt, ami izzásba jött, amikor a tekercsek

segítségével áramot vezetett át, miközben a fogyó szenet, egy kis tartályból, folyamatosan pótolta.

1845-ben *J.W. Starr* kapott szabadalmat (B.P.) egy szénpálcás izzólámpára, amihez higanyoszlopot és – vákuum létrehozásához – edényt is használt. Ez a lámpa azonban gyorsan megfeketedett.

1855 körül *Joseph Swan* (ismerve *Starr* eredményeit) feltételezte, hogyha egy üveg-edényből szivattyúval eltávolítja a levegőt, akkor a benne elhelyezett szénlapok, hevítésre, esetleg csak felizzanak. Bár tudni lehetett, hogy égés fog bekövetkezni, miután a szén izzásba jön.

Az (első igazi) áttörés tehát ekkor következett be, amikor is *Swan* elhatározta, hogy amint a szén izzásba jön, folyamatosan evakuálja a lámpaburát. Az így fenntartott, viszonylag erős vákuumban stabilisabbak lettek az izzószálak, és csökkent a feketedés mértéke is.

Az 1878. év vége felé, tehát valahogy így vált valósággá egy praktikus elektromos lámpa megalkotása.

Időközben az USA-ban *Thomas Alva Edison* a gyakorlati izzólámpagyártás problémáját sokkal „üzletszerűbben” közelítette meg. 1878-ban (ekkor már sikeres feltalálóként) létrehozott egy társaságot az izzólámpa kereskedelmi célú előállítására. Miközben jogosan számított, *Menlo Parkban* már működő, jól felszerelt laboratóriumának nagy létszámú és sok tapasztalatot szerzett szakértői gárdájára. (Ez aztán az igazi nagy korszakváltás a tudományos kutató- és fejlesztő munkában!)

Többek között, a platinahuzallal végzett első kísérleteik során, kifejlesztettek egy hőmérsékletszabályozót, amely automatikusan kikapcsolta az izzószálat, amikor annak hőmérséklete az olvadáspontot megközelítette. Ők is megállapították, hogy a platina jobban hevíthető, ha környezetéből a bezárt és abszorbeálódott gázokat eltávolítják, vagyis kiszivattyúzzák. Az ezeken az

eredményeken alapuló lámpát, mint fejlesztéseik legjobbját, Edison 1879 áprilisában szabadalmaztatta.

Ekkor még az ívkisülésű lámpákat „ha egy pusztul, mind pusztul” megnevezésű áramkör-sorban használták. (Először a párizsi operaházban világítottak ívkisülésű lámpákkal 1848-ban, az USA-ban pedig 1878-ban kezdték el gyártani az egyedi (áramfejlesztő) aggregátorról táplált ívlámpasorokat. Berlin néhány utcáján, a Siemens-Halske-cég 1882-ben egyedi áramtermeléssel vezette be az utcai ívlámpa-világítást, majd 1885-től áttért a hálózati ellátásra. Budapesten a már hálózatról működtetett ívvilágítás, 1909-ben gyulladt fel, mégpedig a Rákócziúton és a Múzeum körúton. Az Edison-lámpának nevezett szénszálalás lámpák történeti becst tanúsítja, hogy Schenectady-ben, a General Electric Co. Kutató és Fejlesztő Központjának halljában egy Edison-lámpa fénye fogadja napjainkban is a látogatót [16].)

Edison tapasztalva az „ívlámpasorok” nehézségeit, elhatározta, hogy új világító rendszereket fejleszt ki, amelyek önálló kapcsolásokat tesznek lehetővé, vagyis hogy ezek a lámpák egymással párhuzamos áramkörökben legyenek használhatók. Ezeknek a működéséhez szükséges nagy *elektromos feszültség* még a kábelezési költségek csökkenését is lehetővé tette. A tervezett, *mintegy 100 V feszültség* alkalmazásához azonban, mindenekelőtt, nagy elektromos ellenállású lámpákra volt szükség. Először kétféle, nagyellenállású, platinaszálalás lámpát készítettek, amelyekből az elsőt levegőn izzították, a másodikat pedig már vákuumban. Ezt a másodikat később összeépítették a már tárgyalt hőmérsékletszabályozóval ami ugyan hasznos, de nagyon költséges is volt. A költségek csökkentéséhez Edison elhatározta, hogy *gyapjúfonalból* /!/ készít szén izzószálat. Ezt üvegburába tette, amiből aztán a levegőt kiszívatta, miközben a szálal gyengén melegítette mindaddig, míg az „ösz-

szes” gáz el nem távozott. **1879** októberében ez a lámpa már 48 óráig működött. (1979-ben világszerte megünnepezték az elektromos fényforrások 100. évfordulóját. Erről a lámpáról már a New York Herald is beszámolt, aminek eredményeként a nyilvános bemutatón óriási tömegek tolongtak.)

Ezt követően, az elszenesített papírból készített izzószálalás lámpák élettartama már több száz órára terjedt ki. A bambusz nádából hasonlóan előállított szénszálalás lámpa robusztusabb, élettartama pedig még hosszabb lett.

1881-ben bevezették a *körte alakú burát*, Edison pedig *huzaltekercselési eljárást* is kidolgozott, vagyis megvetette a spiralizálás alapjait. Ezek a korai lámpák kb. 90 watt elektromos teljesítménnyel működtek, és fényhozamuk kb. 2 lumen/watt (a továbbiakban lm/W) volt.

Ettől kezdve felgyorsult a lámpagyártás fejlesztése (l. 1. és 2. táblázat). Számos gyár bekapcsolódott a fényforrások előállításába, így pl. az USA-ban már 30, de mellettük számos európai gyár is igyekezett felzárkózni az angol lámpakészítőkhöz.

1893-ban *Carl Auer Welsbach*, aki néhány évig gázharisnya-készítéssel is foglalatzkodott, előállította az „*Auer-izzóharisnyát*” úgy, hogy pamut vagy ramie (= kínai kender) -fonalakból szőtt harisnyákat olyan oldattal itatta át, amelyeknek kiizzítása után csak egy kb. 1% cérium- és 99% tórium-oxidot tartalmazó váz maradt vissza. A gázégőben a tórium-oxid által kibocsátott gyengén vörös színű fényt, az igen kis mennyiségben jelenlévő cérium-oxid vöröses-sárgára változtatta, miközben a fényerősséget meghétszerezte (l. később is). Az *Auer-égők* izzási hőmérsékletén (közel 1 750 °C-on) az ilyen gázharisnyák élettartama kb. 1000 óra volt. (Welsbachnak ez a találmánya annyira versenyképessé tette az elektromos lámpák előretörése miatt kiszorulóban lévő gázlámpákat, hogy pl. Bécsben a városi világításból csak 1960 táján vonták ki véglegesen [16].)

Sikerén felbuzdulva *Welsbach* más izzószálakkal is kísérletezni kezdett, így pl. a tóriumbevonatú platinahuzal izzításával is próbálkozott, de végül is az újabb nagy sikert az *ozmium-izzószálas lámpa* megalkotásával aratta 1898-ban (l. OSRAM lámpagyár). Ezt az izzószálat ozmumpor és cukor keverékének a masszájából formázták úgy, hogy először fúvókán átpréselték, majd elektromos hevítéssel vezetővé, azaz teljes egészében fémmé alakították. Ezeknek az ozmiumszálas lámpáknak a fényhozama kb. kétszerese lett az Edison-féle lámpáknak, élettartamuk pedig kb. 6000 órára hosszabbodott.

Az izzószál készítésének ez a módszere nyitotta meg aztán az utat az izzószálaknak más fémből történő előállítására előtt. (L. az újabb nagy lendületet adó *préselt volfrámszálas lámpa*.) Ez azonban már nem *Welsbach* laboratóriumából került ki 1904-ben [16].

Az izzólámpa fejlesztésének egy másik jelentős helye volt még a göttingeni egyetem is, ahol 1893-ban az akkor még csak 29 éves (az egyensúlyi elektrokémia legnagyobb alakjává vált) *Walther Hermann Nernst* kapott tanszéket, aki az Edison-féle lámpák vékony szálainak törékenységet és a szén illékonyságának a káros következményeit úgy akarta elkerülni, hogy bura

Év	Feltaláló	Fényforrás	Atmoszféra
1809	De la Rue, Anglia	Platinaspirál	Vákuum
1838	Jobard, Belgium	Szénpálca	Vákuum
1840	Grove, Anglia	Platinaspirál	Levegő
1841	De Moleyns, Anglia	Faszén Pt-spirálban	Vákuum
1845	Starr, USA	Platinalemmez	Levegő
1845	Starr, USA	Grafitpálca	Vákuum
1848	Straite, Anglia	Pt és Ir	Levegő
1849	Petrie, Anglia	Ir és Ir-ötvezetek	Levegő
1850	Shepard, USA	Faszénhenger	Vákuum
1852	Roberts, Anglia	Grafitpálca	Vákuum
1854	Goebel, Németország	Szénszál	Vákuum
1856	de Changy, Franciaor.	Platinaspirál	Levegő
1856	de Changy, Franciaor.	Szénpálca	Vákuum
1858	Gardiner, USA	Platinaspirál	Vákuum
1859	Farmer, USA	Platinalemmez	Levegő
1860	Swan, Anglia	Elszenesített papír	Vákuum
1865	Adams, USA	Szénlap/csík	Vákuum
1872	Lodigyn, Oroszorsz.	Szénpálca	Vákuum
1872	Lodigyn, Oroszorsz.	Grafittestek	Nitrogén
1875	Koslov, Oroszorsz.	Grafitpálca	Nitrogén
1875	Konn, Oroszorsz.	Grafitpálca	Vákuum
1876	Boligyn, Oroszorsz.	Grafitpálca	Vákuum
1878	Fontaine, Franciaor.	Szénpálca	Vákuum
1879	Edison, USA	Elszenesített lap/csík	Vákuum
1881	Edison, USA	Elszenesített fonál	Vákuum

1. táblázat

Az izzólámpák jellemzői a kezdeti időszakban (Leighton 1958)³

³ Itt is hálás köszönetem fejezem ki H. J. Lunk (OSRAM SYLVANIA) kollégának az önzetlenül rendelkezésemre bocsátott adatokért és irodalmi forrásokért.

nélküli lámpákban, izzótestként, magas olvadáspontú fém-oxidokat („keramikus” anyagokat) használt. Az ún. hőálló fém-oxidok (mint pl. a kalcium-magnézium és a cirkónium-oxid), levegő jelenlétében észrevehető mértékben még olvadáspontjukon sem bomlanak. A kerámia izzótesteknek azonban az a hátránya, hogy alacsony hőmérsékleten nem elég nagy az elektromos vezetőségük. Előbb külső, előhevitésével fel kell melegíteni őket, hogy megfelelő vezetési szintet érjenek el, vagyis hogy a rajtuk átvezetett áram hatására ténylegesen fel tudjanak izzani. A Nernst-féle lámpákban ezt az előhevitést platina-huzallal végezték [16]. (Az ilyen kerámiavezetők nagyon hasznosak, az igen magas hőmérsékleten, kb. 1000 °C-on /!/, működő, vízelektrolizáló, vagyis „vízbontó” cellákban, ami viszont a másodlagos energiahordozó hidrogéngáz előállítás szempontjából rendkívül ígéretes. [22])

Az eddig tárgyaltakat könnyebben áttekinthetjük a következő 1-4. táblázat segítségével, amelyekből az első a korabeli izzólámpák néhány jellemzőjét foglalja magába. (A táblázatok olvasása közben érdemes figyelni arra, hogy számtalan ötlet és megoldás hogyan bővül, illetve hogy egymásra épülve hogyan vezetnek az egyre tökéletesebb megoldások felé.)

Mivel ezekben a táblázatokban már a modern elektromos fényforrások is megjelennek, ezért már itt érdemes rámutatni, hogy a felgyorsult és rendkívül sikeres kutató-fejlesztő munkában **két tényezőnek volt döntő fontosságú, vagyis kulcsszerepe:** a) a tevékenység tudományos alapokra helyezése (l. Edison, Langmuir) és b) a volfrám-izzószálak bevezetése (l. Coolidge, Pácz) [4, 7, 16, 20].

Koedam és Lorenz szerint viszont [6]: a szénszálastól a modern izzólámpákig vezető út, lényegében, négy jelentős fejlődési szakaszból áll, éspedig: (1) a szénszál helyettesítése volfrámhuzallal, (2) a lámpabura feltöltése inert gázzal, (3) az izzószál feltekerése (spiralizálása) és (4) halogén adagolása a töltőgázhoz.

Ezek a lépések sikeresek lettek az izzólámpák minőségét megszabó két fontos jellemző, a fényhozam és az élettartam vonatkozásában is.

A modern elektromos fényforrások és jellegzetességeik [6]

A kezdeti időszakban a nagy egyéniségek és a sietve nyilvánosságra hozott (nem titkolt) eredmények nagyban elősegítették a célratörő és gyors előrehaladást, szemben a későbbi, sokféle fényforrást adó időszakkal, amire inkább

Megnevezés	Lumen/watt*	Évszám	Feltaláló
Ívlámpa		1808	H. Davy
Szénpálca lámpa		1860	J. W. Swan
Szénszál lámpa	2...5	31.10.1879	T. A. Edison
Nernst-lámpa	4...6	1897	W. Nernst
Ozmiumlámpa	6,5...7,0	1902	C. A. v. Welsbach
Tantálla lámpa	6,0...6,5	1905	W. v. Siemens
Volfrámszál-lámpa	6...9	1911	W. D. Coolidge
Argon töltésű lámpa	12	1914	I. Langmuir
Kettős W-spirállámpa	14	1926	
W-halogénlámpa	20...30	1959	

2. táblázat

Az elektromos fényforrások fényteljesítményének a javulása³

* A lumen (lm) a fényáram SI-mértékegysége, a watt (W) pedig a teljesítményé, 1 joule munkát 1 másodperc alatt elvégezve a teljesítmény 1 W, ami egyébként kb. 1 J/s-nak, vagy 1 Nm/s-nak felel meg [17].

a titoktartás a jellemző, továbbá az, hogy a kiváló egyéniségek helyett és mellett nagy létszámú és megfelelő tudományágakból kiválóan felkészült csoportok kerültek előtérbe.

Nem kétséges továbbá az sem, hogy a szemléletében megújult kísérleti és atomfizika, majd a már érintett szilárdtestfizika és -kémia, valamint az anyagtudományok messzemenően hozzájárultak az elektromos fényforrások egyre bővülő és egyre többre képes körének a kifejlesztéséhez. (Érdemes hangsúlyozni, hogy az említett tudományágak kölcsönhatásban fejlődtek a technikával és a gyártás színvonalával, különösen az elektromossággal összefüggő, de talán legfőképpen a fényforrások terén végzett kutató-fejlesztő tevékenységgel [16].)

Lámpatípus	Fényhozam (lm/W)*	Élettartam (h)
Kezdeti szénlámpa	3	400
Préselt izzószál	8	1 000
Húzott izzószál (vákuumos lámpa)	9	1 000
Tekercselt izzószál (gázzal töltött)	11,6	1 000
Duplaspirálos (gázzal töltött)	12,6	1 000
Kétszeres élettartamú (duplaspirálos)	11,4	2 000

3. táblázat

Néhány lámpatípus fényhozama és átlagos élettartama [8]³

* Az átlagos élettartamra vonatkoztatva!

Az izzószál anyaga	Olvadáspont (K)	Forráspont (K)	Sugárzási szint (a látható fénytartományban)
W	3 680	5 930	0,45
HfC	4 160	-	0,60
TaC	4 150	5 770	0,75
ZrC	3 810	5 370	0,70
HfN	3 580	-	0,55
TaN	3 360	-	0,80
ZrN	3 300	-	0,70

4. táblázat

Néhány izzószál anyagának jellegzetes adatait³

A 2. táblázat az elektromos fényforrások fontos jellemzőjének, a fényhozamnak (lm/W) emelkedését mutatja az idő múlásával.

Az izzólámpák fénye és az emberi szem érzékenysége

Az izzólámpák fényére (is) érvényes a hőszugárzási törvény, amely szerint a Planck-féle (ideális) feketetest által kibocsátott sugárzás összes energiája az abszolút hőmérséklet 4. hatványával arányos (l. Stefan – Boltzmann-törvény), és a Wien-féle eltolódási törvény szerint pedig a sugárzás intenzitásának a maximuma, a hőmérséklet emelkedésével, a rövidebb hullámhosszak felé tolódik el. A látható ($\lambda = 380 - 780$ nm) hullámhossztartományban leadott energia az élettanilag érzékelt fénynek azonban nem pontos mértéke! Az emberi szem spektrális érzékenységét az ún. világosságérzékelési görbe fejezi ki, amit a sugárforrás spektrális energiaszlási görbéjére szoktak illeszteni, majd összevetni.

A fejlődés eredményeképpen az emberi szem érzékenysége $\lambda = 555$ nm hullámhossznál (vagyis „a zöld” fénynél) maximális, amely hullámhossznál a napfény intenzitásának is maximuma van. Az ideális feketetest-sugárzó spektrumában ez a sugárzási maximum akkor lép fel, ha a hőmérséklete kb. 6 500 K. Ezt a hőmérsékletet azonban egyetlen szilárd test sem érheti el,

mégis a lámpagyártóknak az a törekvése, hogy az izzószál hőmérsékletét annyira emeljék meg, amennyire csak lehetséges. A természetes határt az izzószál anyagának az olvadáspontja húzza meg.

A 3. táblázat néhány lámpatípus két fontos jellemzőjét, a fényhozamot (lm/W) és az átlagos élettartamot (óra, h) mutatja.

A 4. táblázat izzószálak anyagának néhány jellegzetes adatát foglalja magába.

A lámpák élettartama és fényhozama

Miközben az olvadáspont közelében az anyagok párolgása megnövekszik, a lámpák átlagos élettartama drasztikusan lecsökken. Csupán az izzószál anyagának az elpárolgásával azonban nem lehet kielégítően megmagyarázni a mindennapi tapasztalatot. (Homogén elpárolgásnál egyenletesen kellene vékonyodnia a huzalnak, ezért állandó tápfeszültségnél az izzószál egyre kisebb áramot venne fel, vagyis fokozatosan le kellene hűlnie. A következők egy végtelen élettartamú lámpa lenne, miközben azonban a fényhozam állandóan csökkenne.)

Egy elfogadott magyarázat szerint, az izzószál nem homogén felépítésű, felületén „forró pontok” (hot spots) találhatóak, amely helyeken a szál „ép része” egészének, a kezdeti hőmérsékletétől függően, egyre inkább növekszik a hőmérséklet, míg végül is a leginkább melegebb helyen egy bizonyos idő elteltével szakadás lép fel.

Azok a törekvések, amelyek egyrészt az izzószál lehető legmagasabb értékének az elérésére, másrészt a párolgási sebesség csökkentésére irányultak, végül is a *halogénlámpák kifejlesztéséhez vezettek*. Ezekben a lámpákban a lámpaburák feketedését az elpárolgó volfrám és a halogének kémiai reakciójában keletkező vegyületekkel lehet elkerülni. (Működés közben a kb. 3200 K hőmérsékletű izzószál és a 800 K hőmérsékletű burafal között körfolyamat jön létre, amelynek keretében oxo-volfrám-halogenidek (WO_2X_2 , ahol X = Cl, vagy Br, vagy I) folyamatosan keletkeznek és elbomlanak, miközben a volfrámatomok vissza tudnak épülni a szálra, a fel szabaduló halogénatomok pedig ismét részt vesznek az anyag- és hőtranszportban.)

Egy fényforrás fényhozamát (η) a kisugárzott ϕ fényáram (mértékegysége a lumen, jele lm) és a létrehozásához szükséges P elektromos teljesítmény (watt, W) hányadosa fejezi ki: $\eta = \Phi/P$. (A fényáramot a fény spektrális eloszlásából lehet kiszámítani, aminek a részleteibe azonban itt nem bocsátkozhatunk.)

Az 5. táblázatból kitűnik, hogy egyrészt a halogénlámpa izzószála hőmérsékletének növelése ellenére is jelentősen megnövekszik az élettartam, másrészt az optimális hőmérsékletnek kisfokú emelésével már jelentősen lecsökken az élettartam.

A fényhozam további növelését az infravörös hullámhossz-tartományban fellépő sugárzási veszteség (ami a látható sugárzás, azaz a fényhozam rovására történik) csökkentésével lehet

Tulajdonság	Izzólámpa	1.*	2.*	3.*
Fényhozam (lm/W)	22 → 18**	22	26	34
Izzószál T (K)	2 900	3 000	3 200	3 400
Élettartam (h)	1 000	2 000	200	15

5. táblázat

1 000 W-os bagyományos izzó- és halogénlámpák tulajdonságait³

* 1., 2. és 3. típusú halogénlámpa, ** a csökkenést az 1 000 óra alatt bekövetkező burafeketedés idézi elő.

elérni. Az erre irányuló kutatások azonban nem jártak sikerrel. Az új út keresésében tulajdonképpen visszatértek a korábbi ismeretekhez, de ekkorra már megváltozott szemlélettel és a gondolkozásmóddal.

Jellemzők	Adatok
Na (parc. nyom. az „égő” lámpában)	kb. 130 mbar
Hg (- -)	kb. 800 mbar
(Hideg) Xe (kezdőgáz)	26 mbar
Burafal anyaga	Al_2O_3
A kisülési cső átmérője	7,5 mm
Az elektródok távolsága	82 mm
Tényleges áramerősség	4,4 A
Tényleges feszültség	105 V
Fényhozam	120 lm/W
Színvisszaadási index	23
Színhőmérséklet	2 100 K

6. táblázat

A nagynyomású (400 W-os) náatriumgőz lámpa jellemző adatai [6]³

Parc. nyom.* az edény falán az „égő” lámpában	Nal kb. 6
(mbar)	TlI kb. 260
Puffergáz (bar)	InI kb. 14
(Hideg) kezdőgáz (99,5 % Ne+Ar)	Hg kb. 4
(mbar)	kb. 30
A fal anyaga	kvarc
A kisülési cső átmérője (mm)	16
Az elektródok távolsága (mm)	40
Tényleges áramerősség (A)	3,3
Tényl. gyújtófeszültség (V)	125
Fényhozam (lm/W)	85
Színvisszaadási index	67
Színhőmérséklet	4000 K

7. a. táblázat

A 400 W-os fémbalogén (NaI-TlI-InI és Hg)-lámpa jellemzői

* A parciális nyomás azt a nyomásértéket jelenti, amely akkor lépne fel, amikor az adott gáz egyedül töltené be a rendelkezésére álló teret.

A gázkisülésű lámpák

Amint már említettük, az első ívlámpát Davy mutatta be 1808-ban, de Faraday is tanulmányozta a világító kisüléseket 1838 körül, William Crooks pedig 1875-ben már vákuumban gerjesztett elektromos kisüléseket. 1868-ban Lockyer a héliumot tanulmányozta, Rayleigh és Ramsay pedig az argont 1894-ben, majd Ramsay szét is tudta választani a neont, a kriptont és a xenont. (A ritka gázokban fellépő kisülések szépségét a „Geissler-csövek”-kel lehet szemléltetni.)

Tisztázódott az is, hogy elektromos kisütéssel, gáz állapotában, igen sok anyag gerjeszthető. A két kisülési paraméter, a nyomás és a hőmérséklet, széles határok között változtatható, ezért különböző spektrumok nyerhetők a közel monokromatikustól, vagyis az egyszerűtől az összetettig, mégpedig egészen a napfénynek megfelelő spektrális eloszlást adóig.

Mindemellett a gázkisüléses lámpák, általában, lényegesen nagyobb fényhozamot adnak, mint az izzólámpák. További előnyük, hogy

Parc. nyom. az edény falán az „égő” lámpában	SnI ₂ 0,3-1,0
(bar)	SnCl ₂ 0,3-1,0
Puffergáz (bar)	Hg kb. 4
(Hideg) kezdőgáz (99,5 % Ne+Ar)	kb. 40
(mbar)	
A fal anyaga	kvarc
A kisülési cső átmérője (mm)	16
Az elektródok távolsága (mm)	20
Tényleges áramerősség (A)	2,25
Tényl. gyújtófeszültség (V)	115
Fényhozam (lm/W)	65
Színvisszaadási index	90-95
Színhőmérséklet (K)	3000-6000
(a tartományon belül választható)	

7. b. táblázat

A 250 W-os ónbalogénlámpa jellemzői [6]³

élettartamuk és fényhozamuk között nincs közvetlen kapcsolat. Esetükben ez utóbbi általában a burkolattól (főként anyagától és adalékaitól), vagy az árambevezetés tulajdonságainak, pl. öregedési feltételeinek, a megváltozásától függ, nem pedig magától a sugárzó anyagtól vagy anyagoktól.

A lehetséges spektrumok sokfélesége miatt a gázkisülési lámpáknál a fényhozam és élettartam tulajdonságok mellett előtérbe kerül a **színjelleg** (rövidebben szín) és a **színvisszaadás**.

A szokásos megvilágítási célra használt lámpák fényének, vagyis színjellegének, lehetőség szerint *fehérnek* kellene lennie, azaz a szemben ugyanazt a hatást kellene kifejtenie, mint a napfénynek, illetve mint egy olyan Planck-féle-sugárzónak, aminek színhőmérséklete a napfényével egyezik meg. (A „fehér” szín azonban széles tartományt ölel fel, mégpedig a napfény fehér színét jellemző színhőmérséklettől, közelítően 6500 K-tól, egészen a „melegfehér” színig, vagyis a szokásos „volfrámlámpa” színéig terjed, amely utóbbi színhőmérséklete kb. 3000 K.)

A fényforrások színvisszaadásának jellemzésére vezették be a **színvisszaadási indexet**, amit bonyolult módon, 8 vizsgálati szín megvilá-

gításával és egy referencia fényforrás felhasználásával határoznak meg. A legjobb színvisszaadási index 100, (a csökkenő érték rosszabbodást jelent).

A gázkisülési lámpák egy bizonyos hátránya abból adódik, hogy áramvezetésük nagyon függ az elektromos térerőtől, ezért a *tápáramot* egy előkapcsolóval *stabilizálni kell*.

Egy gázkisülési lámpa begyújtásához és működéséhez fontosak még, a kisülési térben lévő, *lámparészek* következő tulajdonságai is:

- **Elektródok:** volfrámfém-testek, amelyek az elektromos hálózat és a gázok között az elektroncserét közvetítik. Ezen elektródok termikus emisszióját alacsony kilépési potenciálú emittáló anyaggal (mint pl. tórium-oxid) fokozzák.
- **Gyújtógáz:** ami a hideg áramban, a gyújtás után, időről időre átveszi az elektromos vezetésként, hogy működés közben az elektródok ne párologjanak. Ez lehet nemesgáz vagy nemesgázkeverék is.
- **Puffergáz:** többnyire higanygőz vagy nemesgáz, ami a gyújtási feszültséget megnöveli és az áramerősséget megfelelő gyakorlati értéken tartja, stabilizálja.

A nagynyomású lámpákban az elektronok és a nehéz részecskék között termikus egyensúly

Parc. nyom.-ok az égő lámpában (mbar):

Na-gőz:	$4 \cdot 10^{-3}$
(99% Ne + Ar), hideg	
kezdő- és puffergáz:	5
A fal anyaga	borátüveg/Ca-üveg
A kisülési cső átmérője (mm)	19
Tényleges áramerősség (A)	0,94
Gyújtófeszültség	245 V
Fényhozam (lm/W)	183
Áramátalakítóval pedig	200

8. táblázat

A 180 W-os, kisnyomású Na-gőz-lámpa jellemzői

Parc. nyom.-ok az égő lámpában (mbar):

Hg-gőz:	$8 \cdot 10^{-3}$
(75% Ne + Ar), hideg	
kezdő- és puffergáz:	3
A fal anyaga	világítóanyag-tartalmú üveg
A kisülési cső átmérője (mm)	38
Tényleges áramerősség (A)	0,67
Tényleges gyújtófeszültség (V)	110
Fényhozam (lm/W)	80
Színvisszaadási index	85
Színhőmérséklet	4000

9. táblázat

A 65 W-os, világítóanyag-tartalmú, fénycsőlámpa jellemzői [6]³

van. Ez azt jelenti, hogy minden térfogatelemben az összes részecskefajtának (az elektronoknak, a gerjesztett és nem gerjesztett neutrális gázatomoknak és molekuláknak, a pozitív vagy negatív töltésű ionoknak) megközelítően azonos a sebességeloszlása és ezáltal a hőmérséklete is. Gázkisülések esetében ez az állapot az 1 bar vagy e fölötti nyomástartományban jellemző.

A 6., 7a, 7b, 8. és 9. táblázat az ismertebb fényforrások jellemzőit tartalmazza.

A kisülési lámpák kifejlesztésekor meghatározó lépés volt a *lámpafal anyagának a megválasztása*. Ezt pl. a nátriumgőzzel szemben ellenálló borátüveg-bevonattal sikerült megoldani. Ezek a lámpák ugyan gyakorlatilag csak a Na 2 D-vonalának megfelelő hullámhossznál sugároznak, ezért a megvilágított tárgyak sárga fényben látszanak, mégis a nagynyomású nátriumgőz-lámpáknak óriási előnye, hogy fényhozamuk már eléri a 180-200 lm/W értéket. Egy további előrelépést jelentett az ónnal adagolt indium-oxid (In_2O_3) -réteg alkalmazása 0,31 μm vastagságban. Ennek a rétegnek a fényáteresztő képessége éppen a Na D-vonalánál maximális.

Az eredetileg csak 254 nm-en (a láthatatlan, UV-tartományban) sugárzó, kis nyomáson kisülő higanygőzlámpákban (l. baktericid-lámpa) a **fénytermelés** fokozására „foszforok”-at, azaz világító anyagokat alkalmaznak. Ezek a lámpák (mint fénycsövek) általánosan elterjedtek. Ezeknek a lámpáknak a sugárzását, pl. ritka földfém (pl. Eu^{3+} , Tb^{3+})- ionok a bevitelével, optimalizálni lehet. Optimális lehet pl. a 465 nm (kék), 545 nm (zöld) és a 610 nm (vörös) hullámhosszakot tartalmazó fény spektrum. Ugyan-

ekkor ezeknek a lámpáknak nagyon jó a színvisszaadási indexük is.

A non-sag (= nem-behajló, azaz izzószál-minőségű) volfrám⁴

Hangsúlyoztuk már, hogy a volfrám izzószálak bevezetése döntő fontosságúnak bizonyult az elektromos fényforrások előállításának és használatának diadalútjában. Közleményünket azonban nem zárhatjuk le anélkül, hogy legalább röviden ne utaljunk a magyar kutatók-fejlesztők és gyártók e téren elért eredményeire és sikereire [4, 7, 16, 20, 21].

Aligha kell részletezni a TUNGSRAM márka jelentőségét, hiszen bárki nap mint nap meggyőződhet ennek értékeiről, és azt sem kell bizonygatni, mit is jelent mindannyiunk számára, hogy a *General Electric Co.* és *Tungsrám Rt.* ismét egymásra talált, sőt a **GE Lighting Tungsrám Rt. napjainkban** Magyarország egyik legfontosabb gyára és kutatóhelye. Ez az egymásra találás pedig egyben a jövő sikereinek a záloga is [14]. (A TUNGSRAM név az angol tungsten és a német wolfram szavak rövidített összevonásából származik [16], hasonlóan, mint a nagy német lámpagyáré, az OSRAM-é is, ami az ozmium-izzószál bevezetésére utal. Mindkét név a múlt dicsőségét hirdeti, és egyben a jelenben élők tiszteletét is tükrözi.)

Összefoglalás

Volta kerekén 200 évvel ezelőtt tette meg az első nagy lépést az elektromos fényforrások fejlesztésének (szó szerint is) sugárzó diadalútján,

⁴ A rendkívül találó non-sag, vagyis nem-behajló elnevezés abból a korai időszakból származik, amikor megfigyelték, hogy nagy tisztaságú volfrám-savból (H_2WO_4 vagy más felírásban és elnevezéssel volfrám-trioxid-monohidráttól = $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), porkohászati úton előállított volfrámfémből készített volfrámspirálok, a lámpák működése közben, a felfüggesztési helyeiknél behajoltak, majd elszakadtak. Csak sok évtizedes kutatómunkával sikerült elérni, hogy a bonyolult technológiával előállított, polikristályos izzószál hossz tengelye mentén fecskefarokszerű szerkezetet vegyen fel, ami ellenáll a szál hossz tengelyére merőleges „elcsúszásnak”. Ebben a munkában magyar kutatók maradandó érdemeket szereztek [4, 7, 16, 20, 21].

amikor is a róla elnevezett oszlopot összeállította, és felszabadította az **elektront** (a „szellemet” kiengedte a palackból?).

Ebben a dolgozatban megkíséreltük összefoglalni azokat a sorsdöntő gondolatokat és bátor tetteket, amelyek révén, egymással szoros kölcsönhatásban, a technika, a gyártás és a tudomány kölcsönösen egymásra épülve egyre gyorsuló ütemben haladt az emberi élet kiterjesztése felé, mert ez a második „tűzgújítás” valóban soha nem remélt, senki által meg nem álmodott minőségváltozást hozott az emberiség történetében.

Irodalom

- [1] K. J. Euler: Batterien und Brennstoffzellen. Aufbau Verwendung Chemie, Springer-Verlag, Berlin, 1982, S. 1
- [2] T. M. Brown, A. T. Dronsfield and J. S. Parker: Did Thomson really discover the electron? Educ. Chem. May 1997, p. 84
- [3] Bódy Z.: Az elektron végnapjai, avagy elemi részecske-e az elektron? Természet Világa, 128 (9), 390 (1997)
- [3a] R.L. Dotson: The electron as a reagent. Chem. Tech. January 1978, p. 54
- [4] Millner T.: Idegenanyag-nyomok viselkedése wolframfémben (akadémiai székfoglaló), MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. 34, 55 (1964)
- [5] R.L.C. Tate, F. Illum. E.S. Thorn Lighting: Focus on Lighting, A jubilee year look at 25 years of lighting, Electrical Times, June 3/10. 1977
- [6] M. Koedam, R. Lorenz: Physikalische Grundgesetze moderner Lichtquellen, Physik in unserer Zeit, 8 (2), 35 (1977)
- [7] T. Millner: Über die Rolle von chemischen Faktoren beim Ziehvorgang dotierter Wolframdrähte, Acta Chim. Acad Sci. Hung. 98, 200 (1978)
- [8] C. Phillips: Electric lamps – 100 years on, published by Thorn Lighting Ltd, July 1979
- [9] M. Zimmer: Lichtquellen im Jubiläumsjahr der Glühlampe, Elektrische Energie-technik, 24 (5), 224 (1979)
- [10] P.A. Baxter A History of the Electric Lamp, IES Lighting Review, February, 1980, pp. 21-25
- [11] W.M. Keefe: Recent progress in metal halide discharge-lamp research, IEE Proc. Vol. 127, Pt. A, No. 3, April 1980, pp. 181-189
- [12] D.E. Work: Chemistry of metal halide lamps: a review, Lighting Research & Technology, Vol. 13 No. 3 1981, pp. 143-152
- [13] J. T. Stock: Carl Auer von Welsbach and the Development of Incandescent Gas Lighting, J. Chem. Educ., 68 (10), 801 (1991)
- [14] M.S. Zafirovski: A Tungstam-Centenáriumi köszöntése, Fizikai Szemle, 46 (9), 297 (1996)
- [15] Kürti M.: Néhány emlék a Tungstamról, ibid.: 46 (9), 298 (1996)
- [16] Bartha L., Gaál I.: Izzószál-minőségű volfrám – a Tungstam névadója-, ibid.: 46 (9), 300 (1996)
- [17] Akadémiai Kislexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989. I. kötet 481. oldal
- [18] A. Gahn: „BUBLES”, Chemische Untersuchungen zur Herstellung kaliumdotierter Wolframpulver für die Glühlampenproduktion (Dissertation), München, 1986
- [19] J.W. van Put: Ammonium Paratungstate as a Raw Material for the Manufacturing of Lamp Filament Tungsten Wire (Dissertation), Delft, 1991
- [20] The Chemistry of Non-Sag Tungsten, ed. L. Bartha et al. Pergamon, 1995
- [21] Szalay T.: Volfrám-oxidok felületi kémiai reakciói vizes közegben, Kémiai Közlemények, 54, 125 (1980)
- [22] Takehiko Takahashi: Water Electrolysis (in the Chapter 3 of Solar-Hydrogen Energy Systems, 1979, pp. 35-58 (I. Chem. Abst. 92: 205 807 q)

Marsi Enikő

Dohányzás és alkohol, valamint a sejtplazma karotin- és E-vitamin-szintje

A dohányzás és az alkoholfogyasztás döntően megnöveli a szív és érrendszeri megbetegedések kockázatát mindkét nem esetében. Meggyőző adatok állnak ma már rendelkezésünkre, melyekből kiderül, hogy az alkoholfogyasztás az egyik legfontosabb kockázati tényező a szívkoszorúér-megbetegedésében. Ebből következően, ha az étrend lényegesen eltér a dohányzók és nem dohányzók, valamint az alkoholt fogyasztók és nem fogyasztók között, akkor az összefüggések felismerése az étrend és a betegségek gyakorisága között kissé nehézkessé válik. Új felismerések szerint a vérszérum antioxidáns szintje függ a dohányzás és alkoholfogyasztás mértékétől még akkor is, ha az étkezés kontrollált. Ebből arra lehet következtetni, hogy az összefüggést a diéta és a szív- és érrendszeri megbetegedések között a dohányzási és alkoholfogyasztási szokások erősen módosíthatják.

Dohányzás és étrend

A 24 órás étrend-ellenőrzéssel körülbelül 11000 felnőtt (19-74 éves) körében végeztek vizsgálatokat 1976 és 1980 között. A dohányzási szokások alapján különböző kategóriákat állítottak fel: dohányzók, leszokottak, sohasem dohányzók. A dohányzókat tovább osztották a naponta elszívott cigaretták száma alapján. A kezdeti vizsgálatok csekély különbséget mutattak a dohányzók és nem dohányzók által elfogadott élelmiszerek tápanyagtartalmában, ezért ezeket a kategóriákat tovább kombinálták. A dohányzók kevesebb C-vitamint, folsavat, ro-

tot és A-vitamint fogyasztottak, mint a nem dohányzó vizsgálati alanyok. Továbbá ezen anyagok mennyisége fordított arányban változott az elfogyasztott cigaretták számával.

Egy másik felmérésben, melyet 9000 véletlenszerűen kiválasztott felnőtt között végeztek el Angliából, Skóciából és Walesből hasonló feltételeket teremtettek. A dohányzók diétája jelentősen különbözött a nemdohányzókétól. A dohányzók kevesebb barna kenyeret és friss gyümölcsöt fogyasztottak, viszont több sült étel került az asztalra reggelire. A dohányzás tehát a legfontosabb befolyásolója az étkezési szokásoknak a szociális háttér, a kor és a nem mellett, melyek így egységben meghatároznak egy többváltozós modellt.

A harmadik felmérést az idősebb korosztály körében végezték egy dél-kaliforniai idősök otthonában. 5080 férfi töltötte ki a 44 kérdésből álló kérdőívet, melyek gyümölcs- és zöldségfogyasztásra vonatkoztak. A résztvevők 6 kategória közül választhattak a fogyasztást tekintve: „szinte soha” kategóriától a „majdnem minden nap” kategóriáig.

Az átlagos karotinbevitel a következőképpen alakult:

- Sohasem dohányzók: **8,505 µg/nap**
- Leszokottak, akik napi 1 csomag cigarettánál kevesebbet szívtak: **7,908 µg/nap**
- Leszokottak, akik napi 1 csomag cigarettánál többet szívtak: **7,468 µg/nap**
- Dohányzók, akik napi 1 csomag cigarettánál kevesebbet szívtak: **6,588 µg/nap**
- Dohányzók, akik napi 1 csomag cigarettánál többet szívtak: **5,528 µg/nap**.

Az adatok jól tükrözik, hogy a diéta és a szívbetegségek közötti összefüggések megállapításánál figyelembe kell venni a dohányzási szokásokat is.

Alkohol és étrend

Az alkoholfogyasztás szintén megváltoztatja a tápanyagbevitelt azáltal, hogy az alkohol helyettesíthet bizonyos tápanyagokat. Azoknak, akik rendszeresen fogyasztanak alkoholt, speciális diéta betartása lenne indokolt. Az alkoholfogyasztás mértékét egy 9 pontból álló kérdőív segítségével állapították meg.

A teljes alkoholmennyiséget gramm/nap egységben adták meg:

- 1 üveg sör = 13,2 gramm etanol,
- 1 pohár bor = 10,8 gramm etanol,
- 1 pohár likőr = 15,1 gramm etanol.

Tekintettel arra, hogy az alkoholfogyasztással megnő az energiabevitel, a szénhidrát-fogyasztás lecsökken. Antialkoholisták esetében az érték 153 gramm/nap, azoknál a nőknél, akik 25-49,9 gramm alkoholt fogyasztanak naponta, ez az érték mindössze 131 gramm. Ez a különbség energiaértékben is kifejezhető: 7576 kJ/nap antialkoholistáknál és 9822 kJ/nap azoknál

a férfiaknál, akik több mint 50 gramm alkoholt fogyasztanak el naponta. Ezek az adatok azt támasztják alá, hogy az alkoholból származó energia hozzáadódik az egyéb tápanyagból származó energia értékéhez.

Az 1. táblázat összefoglalja a vizsgált paramétereket férfiak és nők esetében. A táblázatból kiderül, hogy az alkoholbevitel leginkább a cukorfogyasztást befolyásolja, a vitaminok és rostok bevitelét kevésbé módosítja, ezért az alkoholfogyasztás – a dohányzással ellentétben – kevésbé hozható összefüggésbe a vérszérumszintjével, ezáltal a hatása nem igazolható egyértelműen a szív és érrendszeri megbetegedésekkel kapcsolatban.

Dohányzás, alkohol és a karotinszint

Néhány adat arról tanúskodik, hogy a dohányzás befolyásolja a vérszérumszintjét, más adatok szerint ezt a hatást az alkoholfogyasztás váltja ki. Az eredmények nem lehetnek teljesen egyértelműek a vizsgált esetek csekély száma, továbbá a dohányzás és alkoholfogyasztás mértékének eltérése miatt. A módszerek különbözősége miatt sem egészen összehasonlíthatóak az egyes felmérések eredményei.

Napi alkoholbevitel (gramm/nap)

	0	0,1-4,9	5,0-14,9	15,0-24,9	25,0-49,9	= 50
Nők¹						
Teljes zsír (g/nap)	63,7	63,4	64,1	65,3	64,3	65,7
Szénhidrát (g/nap)	152,8	147,4	140,0	133,9	130,6	143,6
Élelmi rost (mg/nap)	15,3	15,2	15,0	14,6	14,0	13,3
Karotin (mg/nap)	6313,8	6657,9	6842,4	7017,1	6954,4	6869,2
Teljes E-vitamin (mg/nap)	11,6	11,6	11,7	11,3	11,6	10,3
Férfiak²						
Teljes zsír (g/nap)	63,6	63,1	64,7	67,5	66,9	86,2
Szénhidrát (g/nap)	231,3	228,1	22,1	220,9	213,2	221,7
Élelmi rost (mg/nap)	21,8	21,6	21,2	21,2	20,2	19,0
Karotin (mg/nap)	8450,0	8769,9	8573,0	8717,4	8083,4	7470,3
Teljes E-vitamin (mg/nap)	22,8	22,7	23,4	24,5	23,6	23,8

1. táblázat

¹ Az értékeket 45 éves korhoz és 23 kg/m² testsúlyindexhez igazították.

² Az értékeket 50 éves korhoz és 25 kg/m² testsúlyindexhez igazították.

Legkorábban 1969-ben regisztráltak különbséget a dohányzók és nem dohányzók, valamint az alkoholt fogyasztók és alkoholt nem fogyasztók vérérszérumban lévő karotinszintek között. A vizsgálatot Pearthen (Nyugat-Ausztrália) végezték el.

Egy keresztmetszeti tanulmányban 125 azonos korú és státuszú dohányzó és nemdohányzó férfi karotinszintjét hasonlították össze. A nem dohányzóknál az átlagos szint $167,4 \mu\text{g/dl}$ volt, míg a dohányzók esetében ez a szint szignifikánsan alacsonyabb: $131,4 \mu\text{g/dl}$ volt. A különbség még szembeötlőbb volt, miután a résztvevők nyilatkoztak az étkezési szokásaikról.

Ugyanezt a típusú keresztmetszeti analízist alkalmazva a dohányzók körében a vérplazma β -karotin-szintje is alacsonyabbnak mutatkozott, annak ellenére, hogy a tanulmány elsődleges célja nem a β -karotin-szint tanulmányozása volt. Hasonló eredményre jutottak egy másik felmérésében, melyet 415 vérérszó körében végzett el Marylandben (Washington állam). A résztvevőket az emésztő-szervrendszeri és tüdőrák alapján vizsgálták, ahol fontos szempont volt a dohányzási szokás ismerete. A résztvevő férfiaknak csupán 13, a nőknek pedig a 44 százaléka nem dohányzott sohasem. A kutatók összefüggést találtak az elfogyasztott cigaretták száma és a vérplazma β -karotin-szintje között. Az étkezési és alkoholfogyasztási szokásokról azonban nem volt információ. Miután a csoportokat kialakították a kor, a családi állapot, a gyógyszerfogyasztás, a vitaminellátottság figyelembevételével, a következő értékek születtek a vérplazma β -karotin-szintjét tekintve.

- Soha nem dohányzók: $35,7 \mu\text{g/dl}$
- Leszokottak: $32,4 \mu\text{g/dl}$
- Naponta 1-14 cigarettát szívók: $31,4 \mu\text{g/dl}$
- Naponta 15-24 cigarettát szívók: $25,2 \mu\text{g/dl}$
- Napi 25-nél több cigarettát szívók: $21,5 \mu\text{g/dl}$

Mások összefüggést kerestek a dohányzás, az alkoholfogyasztás és a szérum karotinoid-szintje között 302 férfi és nő vizsgálatával Seattle-ben (Washington állam). Minden résztvevő kitöltött egy 71 pontból álló kérdőívet az elmúlt év étkezési szokásaira vonatkozóan. A kutatók egyértelműen negatív faktorként jelentették ki a dohányzást és az alkoholfogyasztást a szérum karotinoidszintjének befolyásolásában. A tápanyaggal bevitt β -karotin mennyisége és a szérum koleszterinszintje összefüggésbe hozható a vérplazma β -karotin-szintjével.

187 férfi vérmintáját vizsgálták a „Magszorozódó Kockázat Feltárása” elnevezésű programon belül. Annak ellenére, hogy a vizsgálatban csak férfiak vettek részt, akik 37%-a dohányzott és 80%-a fogyasztott alkoholt, az összetétel hűen tükrözte az USA férfi populációját. A táplálkozásról az adatokat a 24 órával megelőző fogyasztás regisztrálásával biztosították. A kérdőív rögzítette az ésszvitamin, külön az A-vitamin és a karotinbevitel átlagos mértékét. Az analízisből (sokváltozós regresszió) kiderült, hogy a plazma teljes karotinoid-tartalmában az A-vitamin jelenléte pozitív, míg a dohányzás és az alkoholfogyasztás negatív faktornak tekinthető.

Shibata Japánban két város egészséges lakói vérszérumban β -karotin-szintjét vizsgálta. A vizsgálók adatokat gyűjtöttek a zöld és sárga zöldségek fogyasztásáról a karotinbevitel tekintetében. Annak ellenére, hogy a Yakumában élők kevesebbet dohányoztak és kevesebb alkoholt fogyasztottak, mint a Shirakowában lakók, drámai különbségek mutatkoztak mindkét város férfi és nő lakóinak β -karotin-szintjében. Shirakowában a nők 25%-a fogyasztott alkoholt és csak 2,5% dohányzott. Ugyanabban a városban a férfiak 72,7%-a fogyasztott alkoholt és több mint 52% dohányzott. A várakozásoknak megfelelően a fokozott zöldségfogyasztás pozitív faktorként hatott a vérszérumban β -karotin-szintjére a nők és férfiak körében egyaránt.

Stryker egy újabb tanulmányban 330 18 és 79 év közötti férfit és nőt vizsgált étkezési szokásait tekintve. A szerzők következtetéseket tudtak levonni vérérszrum β -karotin-szintjére vonatkozóan, mivel a kérdőívek alapján ismerték az étkezési, dohányzási és alkoholfogyasztási szokásokat.

Az A-vitamin-bevitel alapján 3 kategóriát alakítottak ki:

1. karotinoidok fogyasztása, amelyek az A-vitamin prekursorai
2. retinol fogyasztása, amely az A-vitamin előformája
3. A-vitamin fogyasztása.

Mivel a karotinoidok pontos összetétele nem ismert, ezért feltételezhető, hogy jórészt β -karotin, kisebb részben α -karotin, elenyésző mennyiségben pedig likopin alkotta az összetételt. Következésképpen a gyümölccsel és zöldséggel elfogyasztott A-vitamin mennyisége 1/3 részben a β -karotinból származik.

Egy hasonló tanulmány Franciaországból szintén alacsonyabb β -karotin-szintet detektált a dohányosok körében annak ellenére, hogy dohányzás időtartama és a karotinbevitel periódusa között nem volt statisztikailag kapcsolat.

Aoki és munkatársai 317 férfi és 532 nő adatát vizsgálták meg Yakumo városban (Dél-Hokkaido, Japán). Az étkezési szokásokat zárt végű kérdéseket tartalmazó kérdőív segítségével térképezték fel. A karotinoidbevitel a zöldségek, tengeri növények és gyümölcsök fogyasztásán keresztül valósult meg. A begyűjtött szérumot HPLC segítségével vizsgálták. Ebben a populációban csak 34 nő fogyasztott rendszeresen alkoholt, ezáltal csökkent a lehetőség arra, hogy megállapítsák az összefüggést az alkoholfogyasztás és a szérum karotinszintje között a nők körében. Az alkoholfogyasztás és dohányzás negatív hatása kissé erőteljesebb volt a férfiak körében.

Ascherio és munkatársai a plazma β -karotin, α -karotin, likopin, lutein, zeaxantin és retinol szintjét befolyásoló faktorokat vizsgálták férfiak és nők körében. A dohányzó férfiak vérérszrum a plazma β -karotin koncentrációja $0,30 \mu\text{mol/l}$ volt, míg a soha nem dohányzó férfiak esetében ez az érték $0,48 \mu\text{mol/l}$ értéket mutatott ($p = 0,0009$). A nőknél nagyobb koncentrációértékeket mértek, de az arány itt is megfigyelhető:

$0,42 \mu\text{mol/l}$ kontra $0,60 \mu\text{mol/l}$, $p = 0,003$.

Constantino és kollégái a felmérést olyan férfiak között végezték, akiknél nagy volt a tüdőrák kockázata: legalább 20 cigarettát szívtak el naponta legalább 20 éven keresztül, vagy már csökkentették ugyan a mennyiséget, illetve leszoktak a dohányzásról, de igen erős dohányosok voltak. 9 a 150 férfi közül exdohányos volt és kapott β -karotint; 17 férfi pedig nem fogyasztott alkoholt egyáltalán. Alapvetően kijelenthető, hogy a β -karotin-szint fokozatosan csökkent az alkoholfogyasztás mértékének fokozódásával, viszont nem lehetett kapcsolatot megállapítani a naponta elszívott cigaretták száma és a β -karotin-szint között. A 10 hónapos megfigyelés alatt valamennyi kísérleti személynél növekedett a β -karotin-szint, ám az alkoholt fogyasztók körében csekélyebb mértékben.

Egy újabb kutatás keretében 222 30-69 év közötti véletlenszerűen kiválasztott férfi 20 mg/nap β -karotint kapott. Két hónap után a dohányzók körében a β -karotin-szint átlagosan $0,46 \mu\text{mol/l}$ -ről $4,56 \mu\text{mol/l}$ -re emelkedett. Ez az átlagértékváltozás nemdohányzók esetében nagyobb: $0,62 \mu\text{mol/l}$ -ről $5,49 \mu\text{mol/l}$ -re. Annak ellenére, hogy a résztvevők gyógyszer formájában kapták a β -karotint, az adatok alátámasztják azt a feltételezést, hogy van összefüggés a dohányzási szokások és a vérérszrum β -karotin-szintje között.

Összefoglalás

Epidemiológiai adatokból kiderül a dohányzás, az alkoholfogyasztás és a vér antioxidáns szintje közötti összefüggés, ami döntő befolyást gyakorol a krónikus betegségek kialakulására. A szakirodalomból kiderül, hogy β -karotin-bevitel esetében a dohányzó férfiak körében 75%-kal csökkent a szívkoszorúér-megbetegedések gyakorisága. Kiterjedt kutatási leírások igazolják a feltevést, miszerint a dohányzás és az alkoholfogyasztás erősen befolyásolja a vérszérum β -karotin-szintjét, ezáltal a betegségek kialakulásának gyakoriságát.

Irodalom

- [1] John N. Diana, William A. Pryer: Tobacco smoking and nutrition. Influence of nutrition on tobacco associated health risks, *Annals of*

the New York Academy of Sciences, Volume 686, New York, 1993.

- [2] U.S. Department of Health and Human Services. 1990. The Health Benefits of Smoking Cessation. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Centers for Disease Control, Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health. DHHS Publication No. (CDC) 90-8416.
- [3] R.D. Moore, T.A. Pearson: Moderate alcohol consumption and coronary artery disease. *Medicine* 65, 242-267, 1986.
- [4] G.A. Colditz, E. Giovannucci, E.B. Rimm, M.J. Stampfer, B. Rosner, F.E. Speizer, E. Gordis, W.C. Willett: Alcohol intake in relation to diet and obesity among women and men. *Am. J. Clin. Nutr.* 54, 49-55, 1991.

Hibajavítás

A 2001. 2. számában megjelent dr. Széll Tamás: Az Avogadro-állandó és meghatározása kísérlettel cikkbe sajnálatos módon néhány értelemzavaró hiba került, amelyért a szerzőtől és az olvasótól szíves elnézést kérünk.

A számítás helyesen:

1. Számítsuk ki egy csepp oldat térfogatát! A kalibrációnál kapott térfogat elosztandó a cseppek számával (cm^3)
2. Számítsuk ki az egy cseppben levő olajsav térfogatát az eredeti oldat töménységének és a csepp térfogatának ismeretében!
3. Az egy cseppben levő olajsav térfogatát szorozzuk meg a terület kitöltéséhez felhasznált cseppek számával, hogy megkapjuk a terület képező olajsav térfogatát! (cm^3)
4. Számítsuk ki az olajsavfolt területét! (cm^2)
5. Számítsuk ki a film vastagságát úgy, hogy el-

osztjuk a területet kialakító olajsav térfogatát a folt területével! (cm)

6. Számítsuk ki egyetlen olajsav-molekula térfogatát úgy, hogy feltételezzük azok kocka alakját! Ez a térfogat azonos a film vastagságának köbével! (cm^3)
7. Számítsuk ki egy mólnyi olajsav moláris térfogatát úgy, hogy elosztjuk annak moláris tömegét sűrűségével:
($282/0,888 = 317,7 \text{ cm}^3$)
8. A 7. alatti értéket elosztjuk a 6. alatti eredménnyel, megkapjuk azt, hogy hány olajsav-molekulából áll egy mól olajsav, vagyis az Avogadro-állandót.

Példaként

$$n_{\text{csepp}} = 50$$

$$V_{\text{csepp}} = 1 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{olajsav}} = 282 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\varrho_{\text{(olajsav)}} = 0,888 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\varrho = 0,05 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^3 \text{cm}^3} = 5 \cdot 10^{-5}$$

ha $d = 11,5$ cm, akkor $r = 5,75$ cm

$n = 12$

$$1. V_{1\text{csepp}} = \frac{1 \text{cm}^3}{50} = 2 \cdot 10^{-2} \text{cm}^3$$

$$2. V_{\text{olajsav1cseppben}} = \varrho \cdot V_{1\text{csepp}} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{cm}^3 = 10^{-6} \text{cm}^3$$

$$3. V_{\text{olajsavfolt}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{cm}^3 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{cm}^3$$

$$4. A_{\text{folt}} = r^2 \cdot \pi = (5,7 \text{ cm})^2 \cdot 3,14 = 104 \text{ cm}^2 \approx 10^2 \text{ cm}^2$$

$$5. h_{\text{folt}} = \frac{V_{\text{folt}}}{A_{\text{folt}}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \text{cm}^3}{10^2 \text{cm}^2} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{cm}$$

$$6. V_{\text{molekula}} = (h_{\text{folt}})^3 = (1,2 \cdot 10^{-7} \text{cm})^3 = 1,728 \cdot 10^{-21} \text{cm}^3$$

$$7. V_m = \frac{M}{\varrho} = \frac{282 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,888 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 317,7 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$8. L = N_A = \frac{V_m}{V_{\text{molekula}}} = \frac{3,177 \cdot 10^2 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}{1,728 \cdot 10^{-21} \text{cm}^3} = 1,838 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Számítás menete (23. oldal):

1. Határozzuk meg a vízoszlop hidrosztatikai nyomását!
2. Határozzuk meg a keletkezett H_2 nyomását!
3. Határozzuk meg a keletkezett H_2 anyagmennyiségét!
4. Határozzuk meg a felvett elektronok számát!

5. A 4. és 3. hányadosaként kapjuk az Avogadro-állandót

Elektrolízis

$$T = 25^\circ \text{C} = 298 \text{ K}$$

$$I = 0,096 \text{ A}$$

$$V_{\text{H}_2} = 43,4 \text{ cm}^3 = 43,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}, 25^\circ \text{C}} = 3,167 \text{ kPa} = 3,167 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\varrho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 9,810 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$h_{\text{H}_2\text{O}} = 35,9 \text{ cm} = 0,359 \text{ m}$$

$$B = p_{\text{légköri}} = 101,3 \text{ kPa} = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

anyagmennyiség számítása:

$$1. p_{\text{hidrosztatikai}} = \frac{\varrho \cdot V \cdot g}{A} = \varrho \cdot g \cdot h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,810 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,359 \text{ m} = 3,5218 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$2. p_{\text{H}_2} = B + p_{\text{hidrosztatikai}} - p_{\text{H}_2\text{O}} = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} + 3,5218 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 3,167 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 101,6548 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$3. n = \frac{pV}{RT} \\ n_{\text{H}_2} = \frac{101,6548 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 43,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}} = 1,7807 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

a felvett elektronok számának (z) számítása:

$$4. z = \frac{Q}{q_{e^-}} = \frac{I \cdot t}{q_{e^-}} = \frac{0,096 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2,16 \cdot 10^{21}$$

$$5. L = N_A = \frac{z}{2n} = \frac{2,16 \cdot 10^{21}}{2 \cdot 1,7807 \cdot 10^{-3}} = 6,06503 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

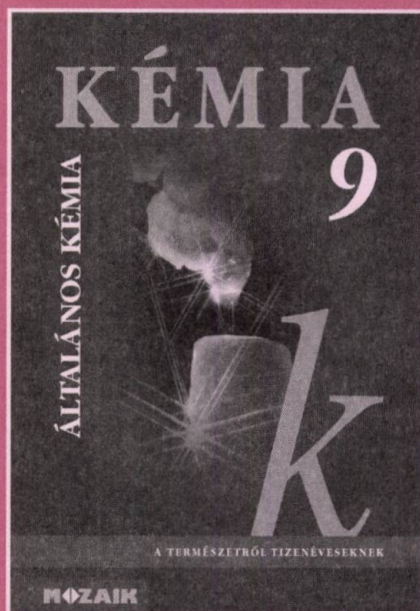
A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

Megjelentek a tankönyvcsalád
5. és 9. osztályos *kerettantervi* kötetei:
a Természetismeret 5., Földrajz 9., Fizika 9.,
Kémia 9. és a Biológia 9. tankönyvek.

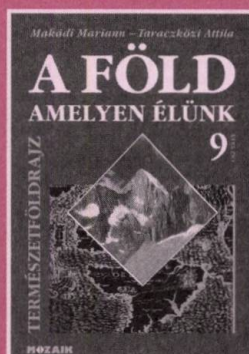
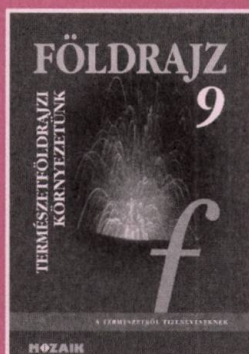
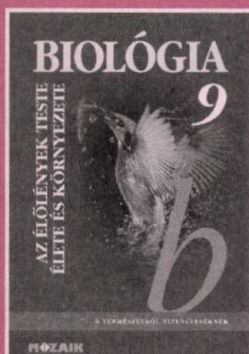
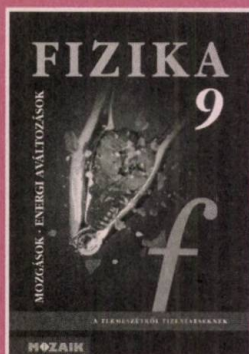
A 10. osztályos könyvek 2002 tavaszára,
a hatodikosok pedig a következő tanévre
készülnek el. A sorozat további tagjait
a kerettanternv bevezetésével
párhuzamosan dolgozzuk át.

A tankönyvekhez *munkafüzetek*
és *tudásszintmérő feladatlapok* kapcsolódnak.

A tanárok munkáját segítik
az *ingyenes tantervek* és *tanmenetek*,
melyek honlapunkról kinyomtathatók.



KERETTANTERVHEZ IGAZODÓ 9. OSZTÁLYOS KÖTETEK



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK

Érdekességek a kémia
történetéből III.

(Dr. Szalay Tibor)

A jó d kincs vagy mérreg?

(Gyarmati Zsuzsanna)

A csodák és a kémia

(Kovács Orsolya)

Vegyipar és társadalom

(Próder István)

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 980 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Vezető polimerek előállítás, tulajdonságai és alkalmazásuk

Dr. Inzelt György egyetemi tanár,

ELTE Szerveskémiai Tanszék

Érdekességek a kémia történetéből III.

Dr. Szalay Tibor nyugalmazott egyetemi tanár, DE

A jó d kincs vagy mérég?

Gyarmati Zsuzsanna középiskolai tanár

A csodák és a kémia

Kovács Orsolya középiskolai tanár

Vegyipar és társadalom

Próder István igazgató,

Magyar Vegyészeti Múzeum, Várpalota

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelölésel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Inzelt György

Vezető polimerek előállítása, tulajdonságaik és alkalmazásuk



Bevezetés

Az elektromos áramot vezető polimerek sikertörténete az 1970-es évek elején, a poliacetilén szintézisével kezdődött. Olyan polimerekről van szó, amelyek elektromos vezetése és számos más tulajdonsága kémiai vagy elektrokémiai úton egyszerűen megváltoztatható.

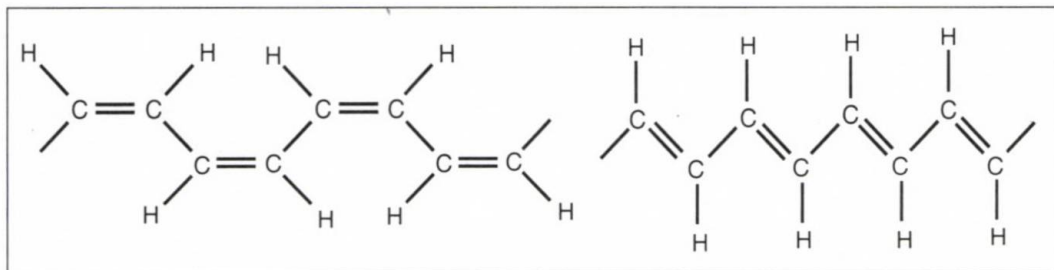
Három kutató, Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid és Hideki Shirakawa e területen kifejtett úttörő tevékenységükért vehették át a 2000. évi kémiai Nobel-díjat.

A felfedezés történetéről (Természet Világa 2000.), ezen anyagok szintéziséről, fizikai és kémiai jellemzésükről, valamint alkalmazásukról e sorok szerzője magyar nyelven is több alkalommal (Magyar Kémikusok Lapja 1986., 1994., 2001.; Magyar Kémiai Folyóirat 1999.) beszámolt. Mivel e folyóiratok, valamint a szerző monográfiája (A kémia újabb eredményei sorozatban 1993.) és egyetemi tankönyve (1999.) is aránylag könnyen hozzáférhető az érdeklődő tanárok és diákok számára, e munkában csak a középiskolákban is továbbadható, lényeges

tudnivalókat foglaljuk össze. E közlemény folytatásában tárgyaljuk részletesen néhány fontos vezető polimer előállítását, különös tekintettel arra, hogy szintézisük demonstrációs vagy tanulói kísérletek keretében is könnyen megvalósítható, illetve jellemző és érdekes tulajdonságaik is különösebb felszerelés nélkül tanulmányozhatók.

A vezető polimerek kémiai felépítése és tulajdonságai

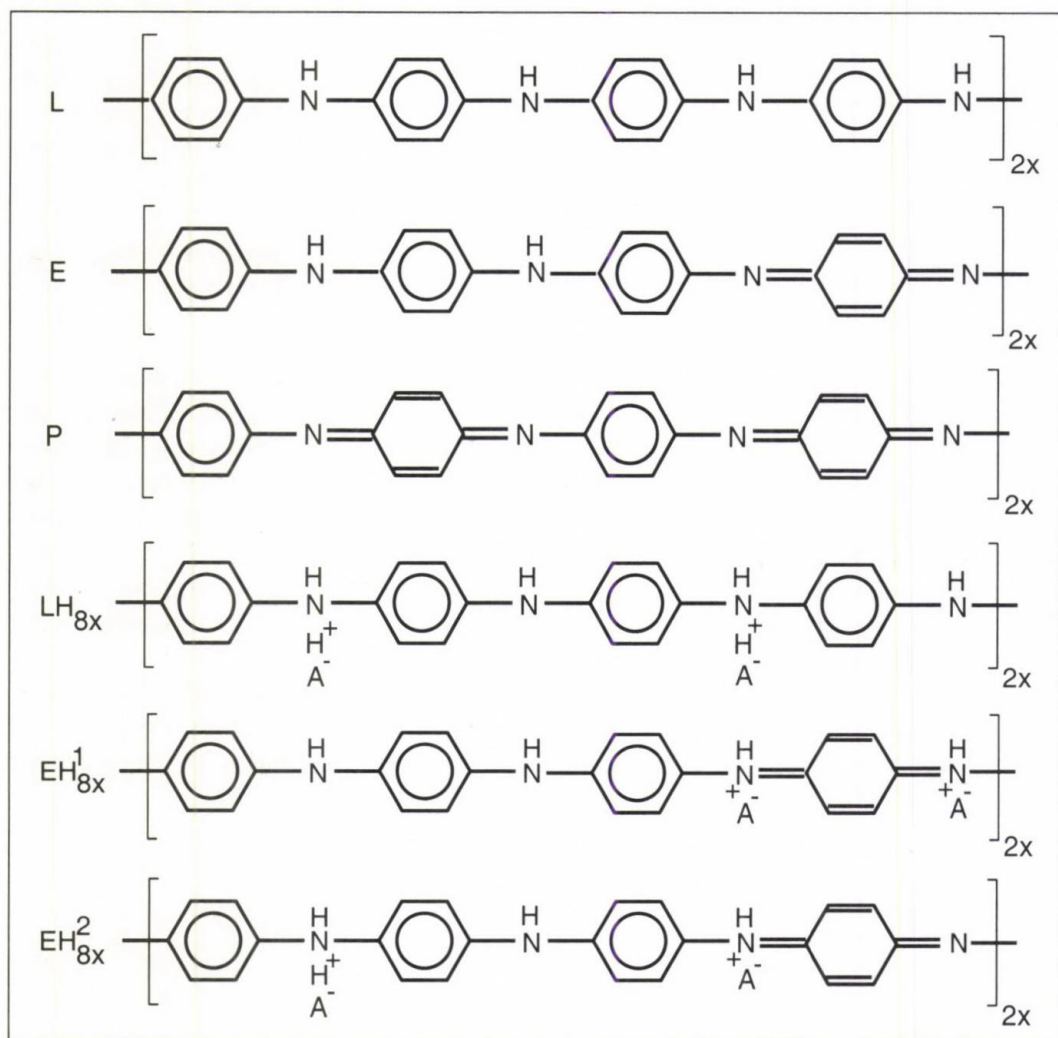
A legtöbb vezető polimer lineáris – kevés esetben elágazó –, olyan makromolekula, amelyeknél a hosszú egydimenziós láncban az egyes és kettős kötések váltakozva fordulnak elő (konjugált rendszerek), és lehetőség van arra, hogy a delokalizált π elektronok a lánc mentén vándoroljanak. A legegyszerűbb ilyen rendszer a poliacetilén, melynek szerkezetét az 1. ábrán mutatjuk be. (A Nobel-díjjal ezen anyag feltalálói jutalmazták. A poliacetilén bár elméleti szempontból érdekes molekula, gyakorlati jelentősége csekély, mert víz- és oxigén-érzékeny.)



1. ábra
A poliacetilén cisz- és transz formájának képlete.

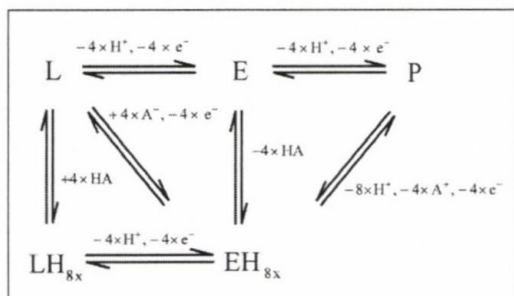
A nagyon sok vegyület közül, amelyeket az elmúlt 30 évben előállítottak, a polianilin, a polipirrol és a politiofén érdemel különös figyelmet könnyű, olcsó előállításuk és kedvező tulajdonságaik miatt. (Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a polimereket arról a monomer molekuláról nevezik el, amelyből előállítják. Ez sok esetben félrevezető, hiszen a poliacetilén tulajdonképpen polietén /polietilén/, a polietilén viszont polietán /polialkán/.)

E polimerek számunkra legfontosabb tulajdonsága az, hogy reverzibilisen oxidálhatók, illetve redukálhatók. Egyes esetekben a protonálódási-deprotonálódási folyamatok is jelentősek. Nincs akadálya annak sem, hogy az alapmolekula megfelelően szubsztituált formáját polimerizáljuk, és ezáltal az adott célra alkalmas anyagot nyerjünk (pl.: $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$ csoportok beépítésével az ioncsere-képességet befolyásolhatjuk).



2. ábra

A polianilin idealizált képletei, különböző oxidációs és protonálódási formák.
 L = leucoemeraldin, E = emeraldin, P = pernigranilin, LH_{8x} = részlegesen protonált leucoemeraldin, EH_{8x}¹ és EH_{8x}² = protonált emeraldin formák



3. ábra

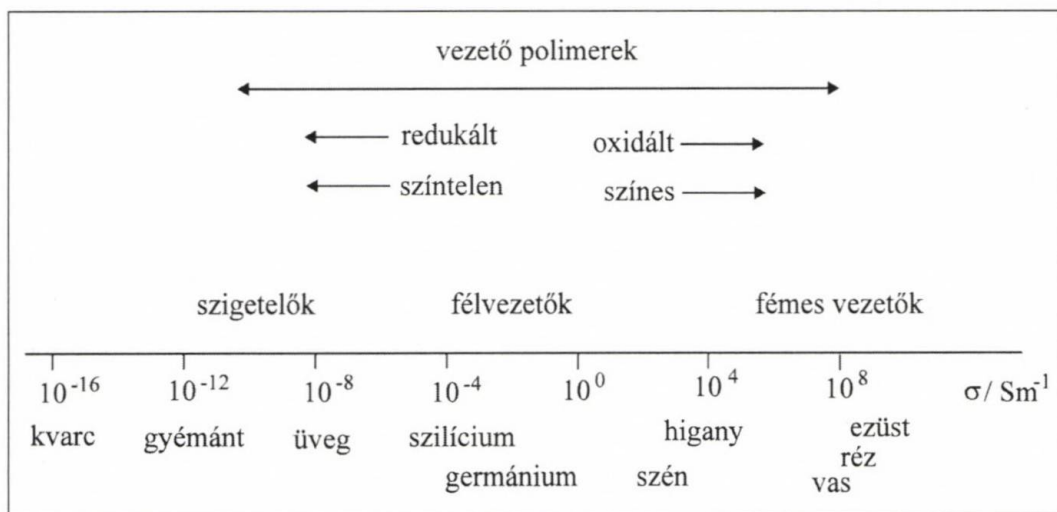
A polianilin redoxireakcióinak sémája
(L = leukoemeraldin, E = emeraldin,
 P = pernigranilin formák, LH_{8x} és EH_{8x}
a megfelelő protonált alakok, A^- = anion)

Más esetekben a polimerizáció hajtható könnyebben végre, például a szubsztituált tiofének kisebb pozitív potenciálon oxidálódnak, mint maga a tiofén. A polianilin szerkezetének bemutatásával próbáljuk érzékeltetni, hogy milyen kémiai átalakulásokról van szó. (2. ábra)

A polianilin különböző formáinak elnevezése őrizi a szerves kémiában használatos, az anilin savas oxidációjakor kapott oktamerek hagyományos neveit. (Itt említjük meg azt az érdekes tényt, hogy tulajdonképpen már egy nagyon régen előállított anyagról van szó, hi-

szen H. Letheby elektrokémiai úton 1862-ben szintetizált polianilint, míg a kémiai oxidációs eljárás Hoffman (1867.), illetve ennek részleteinek tisztázása Willstätter és Dorogi (1907-1909.) nevéhez fűződik. Ami új felismerés volt az 1970-es években, az az elektromos vezetés és annak változtathatósága.)

A leukoemeraldin forma szigetelő és szintelen (esetleg halványsárgás, ha csekély mennyiségű oxidált csoportot is tartalmaz). Az emeraldin a félig oxidált molekula neve. Ennek protonált alakja igen jó vezető. A polianilin jellemzője – eltérően a legtöbb vezető polimertől – az, hogy vezetése nemcsak az oxidációs fok, hanem a protonálódás mértékének is függvénye. A nemprotonált emeraldin vezetése csekély (színe kék), míg a zöld színű protonált alak igen jó vezető. Oxidáció során – miután ez a folyamat savas közegben megy végbe – közvetlenül a protonált, vezető emeraldin keletkezik. A nemvezető bázist úgy nyerhetjük, hogy a polimert lúggal kezeljük. A polianilin részlegesen oxidált állapotából további oxidációval nyerhetjük a pernigranilint. Ezzel megint szigetelővé tesszük a polimert. A pernigranilin színe liláskék. A leukoemeraldin erős savas ($pH < 0$) közeggel érintkezésbe



4. ábra

A vezető polimerek elektromos vezetése más anyagokéval való összehasonlításban

hozva protonálódik (de így sem vezet), míg a pernigranilin még igen erősen savas közegben sem vesz fel protont. Míg a leukoemeraldin, illetve az emeraldin formák kémiai hatásokkal szemben igen ellenállóak (pl.: 10 moldm⁻³ kén-savoldatban is stabilak), a pernigranilin savas közegben hidrolízist szenved, és végezetül benzokinonná bomlik le. Ezért igazából a leukoemeraldin és az emeraldin közti redoxi átmenettel járó vezetési és színváltozási sajátosság aknázható ki a gyakorlatban.

A pernigranilinná való oxidációt kerülni kell, sőt erre az elektropolimerizáció, illetve a kémiai oxidatív polimerizáció során is fontos ügyelni. Ezt úgy érhetjük el, hogy a munkaelektrod potenciálját a lehető legkisebbnek választjuk, illetve nem túl nagy standard redoxipotenciálú redoxirendszerrel oxidáljuk az anilint. (Erre még később kitérünk a szintézis leírásakor.)

Az oxidáció, illetve a protonálódás során a polimerláncon pozitív töltésű helyek keletkeznek. E töltések kompenzálására anionok kötődnek a polimerhez. A polianilin összetett, sav-bázis egyensúlyokkal komplikált oxidációs folyamatait a 3. ábrán mutatjuk be.

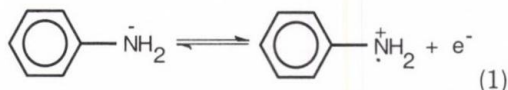
A vezető polimerek fajlagos vezetése tág határok között változtatható. Más anyagokkal való összehasonlításban ezt illusztráljuk a 4. ábrán.

A vezető polimerek elektromos vezetési mechanizmusát – némi egyszerűsítéssel – az elektronvezető fémekre, illetve a félvezetőkre alkalmazott modellek alapján érthetjük meg. A legtöbb vezető polimer p-típusú vezető, vagyis, ha oxidáció útján elektront távolítunk el a polimerláncról, akkor a „lyuk” (tulajdonképpen a többi elektron) a lánc mentén, a delokalizált elektronrendszeren keresztül mozoghat. Egyes esetekben félig telített vezetési sáv alakul ki a kiterjedt π -rendszer következtében (pl.: a poliacetilénnél), más esetekben a vegyérték és a vezetési sáv között alakul ki új sáv, és innen juthatnak elektronok – minimális gerjesztési energiával – a vezetési sávba (polianilin, polipirrol).

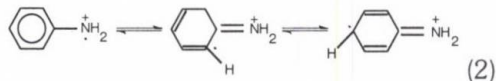
A vezető polimerek szintézise

A gyakorlati fontosságú vezető polimereket a monomer (pl.: anilin, pirrol) oxidatív polimerizációjával hozzuk létre. A polianilin és polipirrol esetében ez vizes közegben, oxigén jelenlétében, szobahőmérsékleten is megvalósítható, míg más polimerek esetén a szintézis némileg nagyobb gondosságot igényel (nem vizes oldószer, az oxigén eltávolítása, hűtés stb.). Nyilvánvalóan arról van szó, hogy az oxidáció során keletkező köztitermék az épülő polimer-molekulához kötődik-e gyorsabban, vagy a vízzel, oxigénnel való párhuzamos reakció dominál-e. Mi a szintézis során az oxidáció első lépése és mi a köztitermék?

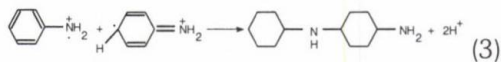
Első lépésben egy gyökkation keletkezik, az anilin esetében az alábbi reakcióval számolunk:



A gyökkation rezonancia útján stabilizálódhat, amelyet az alábbi formákkal ábrázolhatunk:

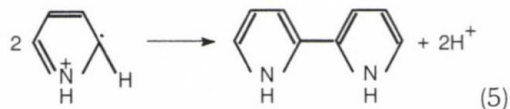
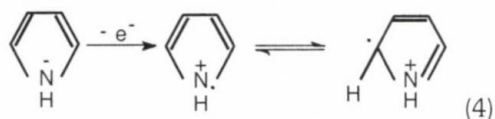


Mindazonáltal a gyökkation rendkívül reakcióképes, és a körülményektől függően reagál tovább. Kedvező esetben először dimer keletkezik:



A képződött dimerhez kapcsolódhat újabb anilin gyökkation, és így épül tovább a polimer lánc. Meg kell jegyezni, hogy orto kapcsolódás is lehet, de a para kapcsolódás sebessége sokkal nagyobb. Az anilin polimerizációja csak savas közegben (pH < 2) játszódik le. Nagyobb pH értéknél nem polimer, hanem pl.: p-aminofenol, p-benzokinon, azo-benzol, 4-aminodifenil-amin képződik.

A polipirrolt akár semleges közegben is elő lehet állítani

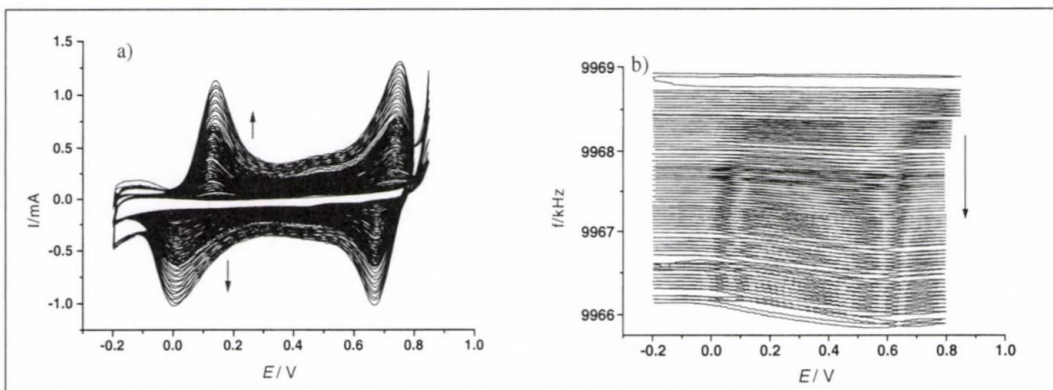


A polipirrol a túloxidációval szemben is kevésbé érzékeny, mint a polianilin, bár itt sem célszerű túl erős oxidálószer (vagy túl nagy, pozitív elektródpotenciált) alkalmazni. A polianilin képződési reakciójának érdekessége még az, hogy autokatalitikus. Ha az elektródon már levált egy vékony polianilin réteg, a polianilin további növekedése felgyorsul. Éppen ez ad lehetőséget arra, hogy az elektródpotenciált fokozatosan csökkentsük, így elkerülhetjük a pernigranilin forma bomlását, de a reakció még mindig kellő sebességgel játszódik le.

A legjobb minőségű filmet akkor kapjuk, ha platina vagy arany elektródra ciklikus potenciálváltozással (ciklikus voltammetriás módszerrel) választjuk le a polianilint. Egy ilyen kísérlet áram-potenciál függvényét mutatjuk be az 5.a) ábrán.

A csúcsáramok növekedése (igazából a görbe alatti terület, vagyis a polimer redoxi átalakulásaihoz tartozó töltés) növekedése a polimer mennyiségének növekedését jelzi a platina felületén. Az első csúcspár a leukoemeraldin-emeraldin, a második az emeraldin-pernigranilin átalakulásához tartozik. Az anilin oxidációja 0,75V felett kezdődik az első ciklusok során, de az autokatalitikus hatás miatt néhány ciklus után már ugyanakkora áram mérhető 0,7V-nál, mint amit korábban csak 0,9V-nál lehetett elérni. Ezért érdemes a túloxidáció elkerülése végett a pozitív potenciálhatárt csökkenteni.

A levált anyagmennyiség kvarckristály-mikromérleggel közvetlenül követhető. Ekkor a platínával vagy az arannyal egy rezgőkörbe épített kvarclapot vonunk be, tehát a munkaelektrod egy rezgő kvarckristály felületén helyezkedik el. A kvarc rezgési frekvenciája a kristály és a vele rugalmas kapcsolatban lévő réteg együttes vastagságától függ. Tehát, ha a kvarcon lévő réteg növekszik, ez frekvenciaváltozást (a felületi tömeg növekedése frekvenciacsökkenést) okoz. Mivel a frekvencia rendkívül pontosan mérhető mennyiség, a tömegváltozás nagy érzékenységgel követhető. Az elektropolimerizáció során detektált frekvenciapotenciál görbéket mutatjuk be az 5.b) ábrán.



5. ábra

Anilin oxidatív elektropolimerizációja során kapott ciklikus voltammogramok és a frekvenciaváltozási görbék. (Anilinkoncentráció: $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, alapelektrolit: $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HClO}_4$, Polarizációsebesség: $100 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$, Platina munkaelektrod, kalomel referenciaelektrod. 1 Hz frekvenciaváltozás 2,25 ng felületi tömegnövekedést jelent.)

Az 5. ábrán bemutatott kísérlet még abból a szempontból is tanulságos, hogy a kémiai oxidációt – tehát ha a polianilint nem elektrokémiai úton akarjuk gyártani – olyan redoxirendszerrel kell végezni, amelyik tényleges redoxipotenciálja 0,5-0,9V vs SCE körül legyen. Például 100:1 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ arányú oldat már megfelelő, most $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,771\text{V}$ vs SHE, vagyis kb. 0,53V vs SCE – ahol SHE a standard hidrogénelektrod, míg SCE a telített kalomelektrod rövidítése –, tehát a Nernst-ékelet értelmében a redoxirendszer potenciálja $E = 0,65\text{V}$. Savas ammónium-peroxisulfát, káliumbikromát, hidrogén-peroxid szintén használható, de vigyázzunk a redoxirendszer komponenseinek arányával, illetve a koncentrációval. Míg FeCl_3 , FeClO_3 gyakorlatilag anélkül alkalmazható, hogy túloxidálódás következzen be, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – mivel $E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,12\text{V}$ vs SCE – alkalmazásakor a koncentráció, továbbá a pH és a hőmérséklet megválasztása már kritikus tényező, ha jó minőségű vezető polianilin előállítás a cél. (Egyébként anilinfekete festék vagy benzokinon lesz a termékünk.)

A vezető polimerek alkalmazási területei

A változtatható elektromos vezetés minden olyan elektronikus eszközben kiaknázható, amelynek működése két – esetleg több – állapot közötti gyors átmeneten alapul. Ilyenek a számítógépek és más elektronikai készülékek. Megjegyzendő, hogy a vezető polimerek esetén a bevitt információ megőrződik, az alapállapotba – ellenkező irányú impulzussal – vissza kell billenteni a rendszert (memória). Vezető polimerek felhasználásával tranzistorok és más egységek is létrehozhatók. Bonyolultabb felépítésű tervezérelt tranzistorok (FET-ek) fotodiódák, fényemittáló diódák (LED-ek) is építhetők vezető polimerek felhasználásával. Például igen jó hatásfokú polimer LED diódákat hoztak létre, amelyben a polimer egy lyukakat szolgáltató

elektrod (átlátszó ITO = indium-ón-oxid) és egy elektronok injektálására képes fém (Al, Mg, Ca) közé helyeztek. A töltéshordozók fénykissugárzást eredményező rekombinációja a polimerfázisban történik. Jól bevált erre a célra pl. a polisztirol-szulfonsav vagy polianilin-klorid – mint szilárd elektrolitot tartalmazó – poli(dioxietilén tienilén).

A redoxifolyamatot kísérő *elektrokromatikus jelenség* alapján elektrooptikai kijelzők hozhatók létre, amelyek lehetnek többszínűek is, egyenárammal működnek és energiateljesítményük csekély. Elektromos impulzussal fényáteresztő felületeket sötétíthetünk be („okos ablakok”). A mikrohullámú elektromos sugárzás elnyelésének képessége pedig e sugárzás elleni védekezésben vagy a hadászatban a radarral való felismerés meggátolásában hasznosítható.

A *térfogatváltozás* alapjai elektromos jelre működő mesterséges izmok hozhatók létre, illetve az újabb elképzelések szerint e jelenség alapján – 0,2 – 200 nm méretű molekuláris vezetőket használva – a számítógépek sebessége és dinamikus memóriája 10^8 -szorosára lenne növelhető.

Az *analitikai kémiai alkalmazás* alapvetően azon alapul, hogy e polimerek ionokat kötnek meg esetenként szelektív módon, tehát potenciometriás vagy voltametriás módszerrel mennyiségi és minőségi meghatározásra lehet a polimerfilm-elektrodokat felhasználni. Egyes polimerek bizonyos reakciókat katalizálnak, e tulajdonságukat amperometriás meghatározás céljára használhatjuk ki. Például a poli(metilénkék) elektrod jól használható hemoglobin detektálására. Sok esetben a polimer csak vezető mátrixként szolgál, és ebbe építjük be a katalizátort. A katalizátor lehet bonyolultabb szerkezetű molekula (pl. enzim), amelyet a polimer megköt, de lehet választani platinaatomokat is a polimer felületére.

Mivel a polimer töltési állapota változtatható, mód van arra, hogy egyes ionokat – ezek le-

hetnek káros anyagok, de gyógyhatású vegyületek is – feldúsítsunk (szorbeáltassunk) a polimerfázisban, majd a polimer redukciójával ezeket eltávolítsuk e fázisból. Így módon tisztítási feladatok éppúgy megoldhatók, mint a szabályozott gyógyszeradagolás.

Azt, hogy a vezető polimerek ellenállása elektron donor, illetve elektronakceptor tulajdonságú anyagok hatására is megváltozik, gáz-érzékelőkben hasznosíthatjuk. Például a polianilin ellenállása ammóniagáz hatására tízszázezerszeresére nő, és ppm mennyiségű gáz már jól detektálható. Polimer alapú NO, NO₂, alkohol stb. érzékelőket is kifejlesztettek már, több polimer kombinációjával pedig „mesterséges orr” alakítható ki. A *korrózió elleni védelem* sem elhanyagolható alkalmazási terület. A polimerbevonat a fizikai védelmen túl képes arra is, hogy a fémet passzív állapotban tartsa. A félvezetők korrózióját pedig azáltal csökkenthetik, hogy a lyukkal a polimer reagál, és az nem a félvezető tulajdonságú vegyületet (GaP, CdS stb.) oxidálja, ami végső soron a fotoelektród tönkremeneteléhez vezet.

E polimerek töltéstároló képességét áramforrásokban és szuperkapacitásokban használhatjuk ki. Polianilin, polipirrol és politiofén felhasználásával készült szekunder elemek már kaphatók. A szuperkapacitásokat ott használjuk, ahol nagy teljesítménysűrűségű eszközökre van szükség (pl. gépkocsik indításánál). A vezető polimerek ugyanis nemcsak folyamatos energiaszolgáltatásra képesek akkumulátor elektródjaként, hanem töltésüket igen gyorsan képesek is leadni, mint a hagyományos kondenzátorok, de azoknál nagyságrendekkel több töltést képesek felvenni, és így nagyobb energiasűrűséget szolgáltatni.

Ma már sokat tudunk ezekről a polimerekről, de a fejlődés e területen – amint arról a közlemények, szabadalmak és eszközök dinamikus növekvő száma is tanúskodik – egyre nagyobb léptékű. Éppen a vegyészeknek kö-

szönhetően egyre újabb polimerek jelennek meg előre megtervezett tulajdonságokkal. Sokszor vezet célra különböző funkciós csoportok beépítése, pl. ha a szelektivitást akarjuk növelni, vagy a polimer hidrofób, illetve hidrophil tulajdonságainak megváltoztatása, ha az oldhatóság növelése, a megmunkálhatóság, illetve a fizikai és kémiai tulajdonságok célszerű befolyásolása a kívánatos szempont. Folytatódik a vezető polimerek működési mechanizmusára irányuló alapkutató is, hiszen még távolról sem mindent tudunk megfelelően megmagyarázni (pl. nem teljesen tisztázott olyan ismert és már hasznosított tulajdonság oka sem, mint a PANI ellenállásának nagymértékű megváltozása ammóniagáz hatására), és a jelenségek mélyebb megértése vezethet újabb alkalmazási lehetőségek feltárásához.

Az mindenesetre kétségtelennek tűnik, hogy ezen „intelligens” anyagoknak nagy szerepe lesz a 21. században a molekuláris elektronikától kezdve az érzékelőkön keresztül az áramforrásokig terjedő széles körben, hogy csak olyan területeket említsünk, ahol már ma is jelentős sikerekről számolhatunk be.

Irodalom

- [1] Inzelt Gy.: Természet Világa 131 (12), 544 (2000)
- [2] Inzelt Gy.: Magyar Kémikusok Lapja 41, 24 (1986)
- [3] Inzelt Gy.: Magyar Kémikusok Lapja 49, 1 (1994)
- [4] Inzelt Gy.: Magyar Kémikusok Lapja 56, 26 (2001)
- [5] Inzelt Gy.: Magyar Kémiai Folyóirat 105, 293 (1999)
- [6] Inzelt Gy.: Polimerfilm-elektrodok. A kémia újabb eredményei, szerk. Csákvári B., Akadémia Kiadó, Budapest, 1993
- [7] Inzelt Gy.: Az elektrokémia korszerű elmélete és módszerei I-II. kötet, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Szalay Tibor

Érdekességek a kémia történetéből III.

A fotográfiai ródiúmatás kémiai mechanizmusa

Bevezetés

Néhány éve az egyik megyei napilapban nagy megütközéssel és felháborodással olvastam *A fotokémia alkonya* (?) címet, amit az újságíró, netán a szerkesztő, nyilván figyelemfelkeltésnek szánt, vagyis eléggé el nem ítéltető módon **olvasóit** – öncélúan – **meztévesztette**. Jóllehet, bizonyára nem tudatosan, de mégis félrevezette őket. A hír ugyanis tartalmazta arról tudósított, hogy napjainkban a hagyományos *fotográfiát* kezdi kiszorítani **az elektronikus fényképezés**, vagyis a videokamera és videolejátszás (Természetesen ez aligha fog teljes mértékben bekövetkezni. L. a könyvek vagy általában a nyomtatott sajtó és az elektronikus médiumok kapcsolata és ennek problematikája [1]). A hatásvadászoknak ugyanis eszébe juthatott volna (mint sok más, hasonlóan meztévesztő eset, pl. *reklámok* esetében, amikor tetten érhetők, akár már a tudatos meztévesztések is [2]), hogy a hangsúlyozni (= „exponálni”, hogy a fényképezésben elterjedt szónál maradjunk!) kívánt probléma, a hagyományos fényképezés visszaszorulása, semmivel nem csorbitja **a fotokémia egészének a jelentőségét**. Hiszen mindenki tanulta, tehát elvileg mindenki által jól ismert lehet, **mekkora a fotokémiának az élővilág kialakításában és fenntartásában, a fényhatásokon alapuló meghatározó szerepe**. Tény tehát, hogy a fotográfia önmaga csak egy szűk töredékét fedte le, illetve töltötte ki a kémiának ezt az igazán nagyjelentőségű területét, de legfőképpen nem érinti a biokémiának és a biológiának ezt a sajátosan gazdag, nagyon fontos ágazatát [3, 4].

A fényképezés tömegessé válásában nagy előrelépést jelentett (1936-ban), amikor a németországi AGFA fotográfiai anyagokat gyártó cég nagy érzékenyséű és nagy keményséű (= nagy felbontású, vagyis „éles kép” készítését lehetővé tevő) *kisfilmet*, vagy általánosabban *fotográfiai anyagokat* (üveglemezt, celluloidfilmet és papírt) *hozott forgalomba*. Ezt két tudományos felfedezés, mégpedig az érzékenységet és a gradációt (= keménységet vagy ismertebben a fényképészeti „kontrasztosságot”) nagymértékben megnövelő hatásnak a kihasználása tette lehetővé [5, 6].

Érdekességgként említem, hogy az amerikai (ma világszerte) KODAK-cég szakértői könnyen felismerték az egyik „okot”, minthogy azonosítani tudták az „emulzióban”, az akkori viszonyoknak megfelelő, vagyis meghatározható mennyiségben jelenlévő **aranyionokat**. Már 1937-ben, vagyis szokatlanul rövid idő elteltével, ők is forgalmazni tudtak nagy érzékenyséű filmeket, de a rendkívül kis mennyiségben adagolt másik hatóanyagot, a **ródiúmot** nem találta meg. (Ez az igazán ritka elem akkor még közel sem volt „közismert”, következésképpen használata sem volt sejtető, netán gyanítható.)

A fotográfia lényege

A hagyományos fényképezés is, mint minden tömegesen elterjedő, „a világ”, azaz az emberiség sorsának alakulását, életét és életmódját nagymértékben befolyásoló **felfedezések mindegyikének a kiteljesedéséhez** általában nagyon sok ember, közöttük is elsősorban és mindenekelőtt **kiemelkedő kémikusok zsenialitására**, áldozatos munkájára volt szükség [7]. (Pl. gépek, közlekedési és elektronikus eszközök, fényforrások vagy más fogyasztá-

si, pl. ruházati cikkek, élelmiszerek és gyógyszerek előállítására stb.) Az évtizedek során elért eredmények és ismeretek szerint a fénykép létrejötte/elkészítése – tömörítve – a következő lépésekből tevődik össze [3]:

1. A rejtett (= látens) kép keletkezése: a megvilágított tárgyról a fotoemulzióba behatoló (hv) fotonok megbontják az ezüsthálogenideket (AgX , ahol $\text{X} = \text{Cl}$ és Br), vagyis látensképet hoznak létre. Ez a „keletkezés” két folyamatból tevődik össze: egy **gyors elektronfolyamatból** és egy **lassú ionfolyamatból**. Az elsőben az AgX - kristályokra eső fotonok leszakítják az X -ionok elektronját (ezek lesznek a „fotoelektronok”):



Az (1) folyamatban keletkező X -atomok átdiffundálnak a zselatinba és ott elnyelődnek (megkötődnek), ezzel párhuzamosan a **fotoelektronok** viszont olyan ezüstionokat semlegesítenek, amelyeket nem vesznek teljesen körül („szabályosan”, vagyis teljes mértékben) az X -ionok. (Az ilyen ezüstionok a kristály geometriai és/vagy kémiai hibahelyein találhatók.) Az így semlegesítődött molekuláris méretű pont vonzerőt gyakorol egy további foton által létrehozott fotoelektronra. (Mint ahogy tovább rontja a „szabályosságot”!) E folyamatsorban végül is termodinamikailag stabilis Ag_n^+ összetételű képződmények (= látenskép-csírák) jönnek létre, amennyiben $n > 4$. Ennél azonban több, általában néhányszor 10 (tehát tízes nagyságrendű) ezüstatomból állanak az ilyen, tartósan fennmaradó gócok. A 2. pontban tárgyalásra kerülő előhívási folyamatban $10^7 - 10^9$ db ezüstatomból álló szemcsék* jönnek létre. Mivel a csak geometriai hibákat (ezeket az emulzió főzésekor többnyire csak fizikai behatások idézik elő) tartalmazó ezüsthálogenid-szuszpenzió fényérzékenysége nagyon gyenge, ezért kémiai érzeke-

nyítést is kell vagy – pontosabban – szokás alkalmazni.

2. Az előhívás termodinamikája és kinetikája: a képelőhívás tulajdonképpen szelektív redukció, amelynek során a látensképet láthatóvá tesszük, vagyis az emulzióban a behatoló fény intenzitásával (fotonokkal) arányos mennyiségben és méretben, illetve eloszlásban keletkező gócokat (összességükben pedig magát a látensképet) tartalmazó ezüsthálogenid-szemcsékből, kémiai úton, **ezüstatom-halmazokat*** hozunk létre, vagyis ezekben a szemcsékben az ezüstionokat semlegesítjük („redukáljuk”), azaz **elemi állapotba hozzuk őket**.

„Minden előhívószer redukálószer, de nem minden redukálószer lehet előhívóanyag.” Ez a megállapítás azt jelenti, hogy csak az a redukáló anyag lehet előhívószer (= Red), amely „különbséget tesz” a fényérte és a fény nem érte ezüsthálogenid-szemcsék között, vagyis a látensképet valószínűen erősíti fel, adja vissza. A szóban forgó redukciót a következő egyenlettel lehet nagyon leegyszerűsítve felírni:



Ha a (2) redoxi folyamat olyan reverzibilisen működő galvánlemben következne be, amelyben a (3) séma szerint az ezüst/ezüst-klorid, mint másodfajú elektród lenne az anód, a katód pedig az Ox/Red (pl. Q^-/Q , ahol $\text{Q} =$ kinon) részecskepár által meghatározott redoxi elektród**, akkor ennek a cellának az elektromotoros ereje (E) a katód ($E_{\text{Ag/AgCl}}$) és az anód ($E_{\text{Q/Q}^-}$) elektródpotenciáljának a különbségéből adódik. Az ilyen felépítésűnek feltételezett galván-elem sematikus celladiagramja a következő:



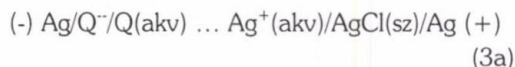
Egy megállapodás értelmében mindig a séma bal oldalán tüntetjük fel a negatív pólust, a jobb oldalon pedig a pozitívát. A galván-ele-

* Napjainkban előtérbe került a „nanométer ($1 \cdot 10^{-9}$ m) méretű” részecskéket tartalmazó anyagi rendszerek vizsgálata. Ennek egyik előzménye, vagy inkább már következménye, hogy pl. az elektronikában a **mikrochipeket** kezdik felváltani a **nanochipek**. Érdemes (és hitem szerint bizonyára jogos is) felvetni a kérdést: mekkora méretű és geometriájú, illetve mennyi elemi állapotú atomot tartalmazó **halmaz viselkedik már fémként** (esetünkben pl. mikor lesz a látensképből fémezüst/ként viselkedő anyag?), avagy a leghétköznapiabb anyag esetében is, mint a víz, hány H_2O molekula hordozza a **folyadékvíz összes tulajdonságát**?

mekben azonban az elektródok előjele ellentétes az ismertebb, elektrolizáló cellakéval (a köztudatban ez utóbbi az ismertebb). Ebből eredhet (még tankönyvekben is) az előjel, vagyis a **polaritás téves megjelölése**. Általános szabály az, hogy **mindkét esetben az anód az oxidáció helye, a katód pedig a redukcióé**. Elektrolíziskor a negatív póluson, a katódon következik be a redukció, pl. egy fém kiválása, és megfordítva, a pozitív anódon pedig a fém oxidációja, más szóval „oldatba menetele”. (L. pl. a fémréz raffinálása, azaz elektrokémiai tisztítása.) Egy másik példa szerint az acél elektrokémiai korróziójakor a helyi elemek anódján vasionok mennek oldatba, és elektronokat hagynak hátra, ezért negatív lesz az anód, a katódos helyeken pedig általában a hidrogénionok redukálódnak, elektronokat vesznek fel, vagyis elektronhiány lép fel, ezért ezek a helyek pozitívak lesznek. Ez a világos gondolatmenet a (3) celladiagrammal felírt cellában – sajnálatosan – aligha teljesül.

E közleményben általában elfogadom a [3] forrásmunka ide vonatkozó részét. E cikk írása közben azonban gyanússá vált az előzőekben felvázolt (3) celladiagram. Helyesebbnek vélem azt feltételezni, hogy ez a **két, lényegében redoxi rendszer** inkább egy „közel” homogén oldatban hat egymásra, ezért a számolásnál az Ag/Ag^+ standard elektródpotenciálját (0,799 V) kellene inkább figyelembe venni. A kinon/hidrokinon redoxi rendszer standard potenciálja (0,699 V) helyett pedig az emulzió pH-ján kialakuló tényleges redoxi potenciált, ami pl. $\text{pH} = 4$ esetében: $E_{\text{q/q-}} = 0,699 - 0,059 \times 4 = 0,463$ V értékű. A különbség tehát $0,799 - 0,463 = 0,336$ V. (Így valószínűbb lenne az a galvánelem is, amelyben a redoxi elektród lenne a bal oldalon,

és ténylegesen anódként hatna, az ezüstelektrod pedig katódként, minthogy az ezüstionok itt redukálódnak elemi ezüstatomokká.) Ily módon tehát valószínűbb lenne a következő (3a) celladiagram:



(Kérem a tisztelt olvasót, hogy belátása szerint döntse el: a (3) vagy a (3a) sémát vehetjük-e a valósághoz közelebb állónak.)

A (3) vagy (3a) cella E elektromotoros erejéből adódik az előhívás hajtóereje, a cellareakció ΔG szabadentalpia-változása:

$$\Delta G = -z F E = 96\,500 \times 0,336 = -35,3 \text{ kJ/mol Ag} \quad (5)$$

ahol z a töltéscserében résztvevő elektronok száma, F pedig a Faraday-állandó, vagyis 1 mol mennyiségű elektron (régábbi definícióval pedig – az ismertebb – 96500 coulomb).

Végül is a vizsgálatok alapján arra a megállapításra jutottak, hogy az előhívás termodinamikai feltétele: $-\Delta G > 15 \text{ kJ/mol}$. (A – előjel a [3] forrásmunkában elmaradt, jöllehet, egy kémiai folyamat csak akkor mehet végbe, ha szabadentalpia-változása kisebb, mint 0!)

Jól ismert az is, hogy a kémiai reakciók végbemenetelének kinetikai feltételei is vannak. Ennek teljesülésének részleteivel azonban már csak terjedelmi okból sem foglalkozhatunk itt (l. [3]).

3. A fénykép rögzítése („fixálása” = állandósítása), vagyis stabilizálása: Előhívás után a fotográfiai lemezt, filmet vagy papírt ún. stopfürdőbe (ez lehet, pl. 2 %-os ecetsavoldat) mártjuk. Ezzel visszaszorítjuk az előhívó molekula disszo-

^{**} A kinhidron a kinon ($\text{Q} = \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$) és a hidrokinon ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$) 1:1 arányú keveréke, ami vízben kevésbé oldódik, és attól függően, hogy az elektródot hogyan állítjuk össze, működhet (i) **hidrogénelektrodként**. Ennek az elektródnak a potenciálját a vizsgált oldat **hidrogénion-aktivitása határozza meg**, amennyiben inert fém, pl. sima Pt a fémfázis. Ha viszont (ii) redoxi elektródként működik (mint most esetünkben), akkor a redoxi potenciált meghatározó egyensúly (ami láthatóan nagymértékben függ a közeg pH-jától!), a következő többlepcsős (4) folyamatban jön létre:

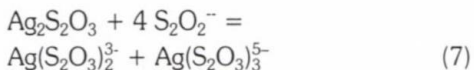


ahol $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}^- = \text{Q}^-$, amely anion is egy kétlépcsős disszociáció végeredménye. Talán érdemes arra is rámutatni, hogy a (3), illetve (3a) celladiagram csupán **egy formálisan felírt, feltételezett összetételű galvánelemet jelenít meg**. Ugyanis a valóságban mindkét elektródból hiányzik a feltüntetett fém, az ezüst. (Legalábbis az előhívás kezdeti szakaszában! L. az erre is vonatkozó korábbi megjegyzést.)

ciációját, vagyis lecsökkentjük a hatásos alak koncentrációját. (L. az előbbi pH-függéssel kapcsolatos értelmezést.)

Az állandósításra többnyire nátrium-tiosulfát ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = fixíró) – oldatot használunk. (Ehhez a kénkiválás visszaszorítása érdekében még kevés „metabiszulfítot” /pl. KHSO_3 / is szokás adagolni.)

A rögzítést a (6) és (7) reakcióegyenletekkel lehet „kémikus módon” felírni:



A rögzítést alapos csapvizet mosás, majd desztillált vizes öblítés követi. Végül is az előhívás komplex műveletét a szárítással fejezzük be.

4. Az érzékenyítés: említettük már, hogy amennyiben az ezüsthálogenid- szolrészecske-kristályok csak geometriai („fizikai”) hibákat tartalmaznak, akkor az ilyen szuszpenzió/emulzió igencsak csekély érzékenységgű. Szerencsére **kémiai úton**, aranyérzékenyítéssel és/vagy kénérzékenyítéssel igen nagy hatást lehet elérni.

Elsősorban Sheppard munkássága nyomán vált ismertté a *zselatin* komplex és döntő fontosságú kulcsszerepe a fotográfiában, minthogy *sav* és *bázis pufferhatása* (= *tompító*, vagyis *kiegyenlítő*) mellett, a benne „szennyezésként” előforduló kéntartalmú csoportok még érzékenyítőként (= szenzibilizátorként) is hatnak.

A kéntartalmú anyagokhoz hasonlóan az ún. *vegyértékváltó fémionokkal* (pl. Au^+) is jelentős érzékenyítő hatást lehet elérni. (Ez utóbbit ugyan már többször hangoztattuk, de fontos kiemelni az ilyen ionok „könnyen változó” vegyértékét még kiegészítésként. L.: pl. az átmenetifém-ionok katalitikus hatását a redoxi reakciókban általában.)

5. A keményítés vagy gradációfokozás: a bevezetésben már leírtuk, mekkora lépésváltást jelentett a fotográfiában az aranyérzékenyítés

mellett a keménységfokozó ródiomhatás kihasználása [5, 6].

A fotográfiai anyagokat az ún. **feketedési görbével**, illetve ennek származtatott adataival lehet jellemezni (l. [3] -ban a 272. oldalon a VI. 7. ábra). Ez egy S-alakú görbe, amit az adott fotográfiai anyag feketedésének, ún. *denzitásának* (D) az *expozíció* logaritmus (lg H) függvényében történő ábrázolásával kapunk. A görbe egyenes szakaszának a meredekségével, idegen szóval, a *gradációval*, fejezzük ki a vizsgált fotográfiai anyag keménységét. (Ettől függ a kapható kép élessége, vagyis kontrasztossága).

Ha az emulzió készítésekor (= „főzések”) ródiom(III)-komplexet (pl. RhCl_3 -ot **tömény NaCl-os oldatban!**), $10^6 : 1 = \text{Ag} : \text{Rh}$ – atomarányban adagolunk, akkor ezzel jelentősen megnövelhetjük a keménységet, de ugyanekkor – párhuzamosan és károsan – lecsökken az emulzió érzékenysége. (Éppen ennek ellensúlyozására szolgált annak idején, amint tárgyaltuk, az aranyérzékenyítés!)

A címben kiemelt **fotográfiai ródiomhatás** kémiai mechanizmusára, közel 30 éve, kísérleti alapon kerestünk magyarázatot, illetve értelmezést. Végül is arra a megállapításra jutottunk, hogy azért kell a ródiomot tömény konyhasóoldatban komplexként adagolni, mert az ion hatásos alakja a RhCl_5^{2-} és a RhCl_6^{3-} , mint-hogy nagyon is sajátosan, csak az ötször és hat-szor koordinált ródiom(III)-ionok, mint komplex anionok, képesek az ezüstklorid-szemcsékhez, *kloridion-hidakon* (Ag-Cl-Rh) át, kapcsolódni. Ennek lesz az egyik következménye az érzékenység csökkenése (l. az 1. pontban: a fotoelektron csupán a „szabálytalan” felépítésű ezüsthálogenid-kristályokra hat megfelelő eredménnyel). Ez a kloridion-hidas kapcsolódás ugyanis teljessé teszi az ezüstion környezetét, és ezzel megnehezíti a fotonok behatását. Ugyanakkor éles különbséget idéz elő a fotonokat felvenni képes, vagy éppen nem képes szemcsék között is [5, 6].

Összefoglalás

Sorozatunk immár harmadik részében megkíséreltük felvázolni a fényképezés tömegessé válásában döntő előrelépést jelentő fotografiai ródiomhatás jelentőségét, és egy lehetséges magyarázatot adni a kémiai mechanizmusára is.

Jóllehet, a videotechnika napjainkban immár kezdi kiszorítani a hagyományos fényképezést, de a kémiai gondolkodás megismerésére talán mégis jó és tanulságos példa lehet a fotográfia kémiájának lényegre törő, vázlatos áttekintése. Talán hasznos lehet a galvánelemekkel összefüggő magyarázat is, illetve annak elvetése vagy éppen elfogadása.

Irodalom

- [1] Szalay T.: Az információrobbanás és a kémia oktatása. (Közlésre beküldve A Kémia Tanításához, a 2000. év decemberében.)
- [2] Szalay T.: A tájékoztatás és tudatformálás előfeltétele a szavak és fogalmak értése és megértetése. (Pályamunkaként benyújtva

a Természet Világa 1999. évi felhívására.)

- [3] Fotografiai emulziók készítése és vizsgálata. (Speciális fizikai-kémiai laboratóriumi gyakorlat. L. a tanszéki munkaközösség által összeállított, „Fizikai-kémiai laboratóriumi gyakorlatok” c. J3-1217/I. sz. jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. 270.-279. oldalak és ugyanitt a 27. gyakorlat: Oxálsav aktinométer tanulmányozása, 170-173.)
- [4] Szalay T. et al.: SUNTEST, az egyszer használatos UV-dózismérő. Magyar Kém. Lapja (= M.K.L.), 50, 108 (1995)
- [5] Beck. M., Kiss P. és Szalay T.: A fotografiai ródiomhatás mechanizmusa I. Magyar Kém. Folyóí. 77, 652 (1971)
- [6] Beck M. et al.: A ródiom(III)-komplexek fotografiai aktivitásának kémiai feltételei. M.K.L. XXIX, 515 (1974)
- [7] Szalay T.: A második tűzgyújtás, avagy az elektromos fényforrások kifejlesztésének dialútja. (A Természet Világa 2000. évi felhívására benyújtott és dicséretben részesített pályamunka.)

Gyarmati Zsuzsanna

A jód kincs vagy méreg?

A jodidionok a természetben általánosan, de mindenütt csak csekély mennyiségben fordulnak elő. A tengervíz is tartalmaz jódidot, de a bromidionoknál kb. 10-szer, a klordionoknál kb. 2500-szor kisebb koncentrációban. Egyes tengeri növények, elsősorban moszatok, a tengervíz csekély jód tartalmából viszonylag sokat vonnak ki és halmoznak fel szervezetükben. A tőkehal hozzávetőleg 320 mg, a halolaj 460 mg jódot tartalmaz 100g-onként. A hús, tej, liszt ugyanezen mennyisége 3-5 mg-ot. Felfedezését is ennek köszönheti a jód, mivel a moszatok hamujából nyerték ki elsőként. Kis mennyiségben a talaj- és az ivóvíz is tartalmaz jodidokat, egyes gyógy- és ásványvizekben pedig nagy mennyiségben fordulhat elő. Igen jelentős a chilei salétrom jód tartalma, amiben a jód főként nátriumjodát (NaIO_3) formájában fordul elő.

Az emlősök és az emberi szervezet is tartalmaz jódot. A felnőtt emberi szervezet teljes jód tartalma 8-9000 mg. Ennek több mint 90%-a szerves kötésben a pajzsmirigyben, míg további 7-8%-a a szövetekben és a vérben jódtironinok formájában van. A szervetlen jodidionok a teljes jód készlet 3-4%-át teszik ki.

Az 1976-os U. S. RDA előírás szerint a napi ajánlott jódbevitel:

- 35-105 mg 4 éven aluli gyermekek részére,
- 75-225 mg 4 éven felüli gyermekek és felnőttek részére,
- 150-300 mg terhes nők és szoptató anyák számára.

A szervezet napi jódforgalma mind egyedi, mind pedig a környezettől függően átlagosan is ingadozik, ezért ez csak tájékoztató jellegűnek tekinthető. A szervezetbe bevitt jód

túlnyomó része jodidanion, a felszívódás is ebben a formában történik. A székllettel naponta csupán a bevitt mennyiség 1-2%-a ürül ki. A felszívott jodidból a pajzsmirigy mintegy 20-25%-ot vesz fel, ugyanakkor a pajzsmirigysejtekből kb. a fele ürül csak ki. A naponta termelődött pajzsmirigyhormonok is körülbelül ennyi jódot tartalmaznak. Így tehát a pajzsmirigyből a vérkeringésbe jutó jodid és a leadott hormon jód-tartalmának összege azonos a pajzsmirigy által felvett jodidion mennyiségével. A szövetekből dejodinázok működése miatt az extracelluláris folyadékba kerülő jodid mennyisége kb. 48 mg. A jódegyensúly úgy alakul ki, hogy a szervezetben a vesén keresztül a vizelettel ugyanannyi jodid ürül, mint amennyi felszívódik a bélből. A minimális különbséget a bélén keresztül kiürülő szerves kötésben lévő jód okozza.

A világ lakosságának jódehlátása nagyon különböző. Egyes kontinensek belsejében lévő területek jódban szegények, minek következtében mind az ivóvíz, mind a növényi eredetű táplálékok kevesebb jódot tartalmaznak, mint amennyi az emberek szükséglete lenne. Mivel Magyarország a tengerektől aránylag távol esik, így az atmoszféra jódtartalma az emberi szervezet jódehlátása szempontjából háttérbe szorul. Az országon belül az Alföldön a jódehlátás döntő tényezőjének az ivóvíz jódtartalmát kell tekintenünk.

Magyarországon a települések 80%-ában az ivóvíz jodidion koncentrációja az egészségügyi szempontból kívánatos érték minimumát (20 µg/l) sem éri el (pl. Egerben 2,4-3,7 µg/l). Ez alapján elmondható, hogy a magyarországi ivóvizek jodidszegények. Kivételt képeznek egyes Békés megyei települések, ahol nem csupán elég, hanem sok is a jodid. Különösen a Sárréten nagyon magas az ivóvíz jodid tartalma (esetenként > 1000 µg/l). Ez személyenként napi 2000-3500 µg-nál is nagyobb mennyiségű jódbevitelt jelenthet, amely már káros is lehet.

Hozzávetőleges számítások szerint a Földön körülbelül 1 milliárd ember él a jódhány küszöbén. Ha a talajból és az ivóvízből hiányzik a jodid, akkor a jodidhiány pajzsmirigy-működési zavarokat, s ezzel összefüggő rendellenességeket (golyva, strúma, kreténizmus) okozhat.

Az ivóvízből, táplálékból hiányzó jódmennyiség pótlását szolgálja a jódos asztali só (10 mg KI/1kg konyhasó) használata. A nagy kiterjedésű fejlődő világban ez nem igazán vihető keresztül. Ott egyszeri adagban bevihető jódozott olajjal kísérelük meg a minimális jódszükségletet fedezni. A fejlett országokban is gondot okozhat a jódozott só. Ha ezt használják (és nem a közönséges asztali sót) a savanyúság tartósítására, akkor a konzerválás során képződő jódtartalmú vegyületektől a savanyúság ehetlenné (bűdössé) válhat.

A jodidion koncentráció (µg/l)	Település
10 alatt	Lőkősháza, Kétegyháza, Elek
10-20	ilyen nincs Békés megyében
20-100	Békéscsaba, Gyula, Tótkomlós, Mezőhegyes, Battonya, Mezőkovácsháza, Mezőgyán, Kőtegyán, Medgyesegyháza, Újkígyós, Medgyesbodzás, Telekgerendás, Dombegyház,
100-500	Orosháza, Békés, Mezőberény, Füzesgyarmat, Köröstarcsa, Okány, Zsadány, Biharugra, Gádos, Sarkad, Örménykút, Békésszentandrás, Nagyszenás, Kétsoprony, Kardoskút, Kaszaper
500-700	Gyomaendrőd, Körösladány, Csárdaszállás, Ecsegfalva
700 felett	Kertészsziget, Dévaványa, Szeghalom

1. táblázat

Néhány, a területen (Békés megye) mért ivóvíz jodidtartalom. Ezek az adatok a települések ártézi kútjaira vonatkoznak. Ahol a káros arzéntartalom miatt a helyi ártézi kutak víze helyett a regionális vízellátó-rendszerrel szolgáltatják az ivóvizet, természetesen más jodidtartalom adódik.

Túlzott pajzsmirigyműködés (Basedow-kór) esetén jódmentes diétát ajánlanak. Fellenberg, Scharrer, Spitzky mutatták ki, hogy már csekély jódtöbbletet tartalmazó levegőben való tartózkodás a vér és a vizelet jódtartalmának megnövekedéséhez vezet. A jód a perifériás vérkeringést előnyösen befolyásolja, és hozzájárulhat a konyhasós hévizek izületi betegséget gyógyító hatásához.

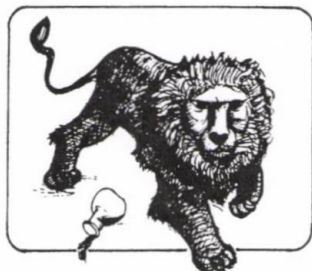
Irodalom

- [1] N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiája, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999
- [2] Korcsmáros Iván, Szőkefalvi-Nagy Zoltán: Szeretlen kémia, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980
- [3] Élettan biológusoknak II. kötet, szerkesztette: Ádám György, Fehér Ottó, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988
- [4] Fonyó Attila: Az orvosi élettan tankönyve, Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 1999
- [5] Vízminőség: Megisszuk a levét, Heves Megyei Hírlap, 1996.IX.25
- [6] Hotya János: Nagy jodidion tartalom kisebb mélységű rétegek vizében a Dél-Alföldön, Hidrológiai Közöny, 3, 168-171 (1989)
- [7] Magyarország ásvány- és gyógyvizei, szerkesztette: Schulhof Ödön, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1957
- [8] Gyarmati Zsuzsanna: Jodidion meghatározása katalitikus módszerrel, szakdolgozat Szeged, 1999
- [9] Gyarmati Zsuzsanna, Galbács Zoltán: Az ivóvíz jodidtartalmának mérése, Proc. of the 5th Symposium on Analytical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, pp.156-161, 1999

	Vízmintá	c_j ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$)
1.	Szeghalom T4/1 kút	2100
2.	Szeghalom T4/2 kút	1500
3.	Szeghalom T2/2 kút	2200
4.	Gyomaendrőd vízműtelepre bemenő víz	810
5.	Gyomaendrőd artézi kút	220
6.	Theodora Quelle	17
7.	Bonaqua	<13
8.	Ferencz József gyógyvíz	43
9.	Szénsavas Anna ásványvíz	74
10.	Santé	118
11.	Parádi gyógyvíz (term. kénes)	21
12.	Acqua Vera oligominerale	<13
13.	Balfi ásványvíz	97
14.	Margitszigeti kristályvíz	44
15.	Parádi ásványvíz (szénsavval dúsított)	<13
16.	Fonyódi forrásvíz (szénsavmentes)	<13
17.	Szegedi csapvíz	<13
18.	Mira baby gyógyvíz	550
19.	Harmatvíz	21
20.	San Benedetto	<13
21.	Óbudai gyémánt	<13
22.	R1 fresssh citromízű ásványvíz	110
23.	Hunyadi János gyógyvíz	<13
24.	Pannon Aqua	31

2. táblázat

Az általam mért ásvány- és gyógyvizek valamint artézi kutak jodidion tartalma



OROSZLÁNKÖRMÖK

Kovács Orsolya

A csodák és a kémia

Ha kémiával nem foglalkozó embereket kérdezzünk arról, hogyan viszonyulnak ehhez a tantárgyhoz... Azt hiszem, a válaszok többségét mindenki el tudja képzelni. Miért van ez így? Miért van az, hogy a tanulók nemcsak nem szeretik, hanem sokszor kifejezetten „utálják” is a kémiát? Mi az oka ennek? Lehet ezen az állapoton változtatni? (Ez inkább költői kérdés volt, mert nemhogy lehet, hanem kell is változtatni, el kell távolítani a kémiát és más természettudományos tárgyakat körülvevő „misztikus ködöt”, meg kell szüntetni az előítéleteket.)

A kérdés az, hogyan lehetne a kémiát a gyerekek számára érdekesebbé, életszerűbbé tenni. Olyan dolgokhoz, fogalmakhoz kell kapcsolni, olyan vonatkozásokat kell találni, amit a tanulók már ismernek. Persze, reménytelen vállalkozás ételfestékek és kozmetikai készítmények összetevőinek képleteit bemagoltatni a gyerekekkel, mert ezzel csak a várt hatás ellenkezőjét váltjuk ki. De még így is rengeteg lehetőség van, csak választani kell.

A számtalan lehetőség közül az egyik a misztika és a köré épülő fogalomkör.

Az embereket minden időben érdekelték a megmagyarázhatatlannak tűnő, „természetfölötti” történések, jelenségek, és keresték azok magyarázatát.

A vallások az emberiség legősibb és mindmáig leginkább bevált rendszerező és rendte-remtő módszerei. A vallás és a tudomány egyaránt a világ megértésére törekszik. A természettudományos gondolkodás a korábbi istenkép fokozatos átalakulása nyomán jelenhetett meg. Az ember képes lehet felfogni Isten teremtett világának törvényeit, ez pedig felbátorít a törvények keresésére.

Van tehát kapcsolat a természettudományok – így a kémia – és a természetfölötti dolgok, például a vallás között, s ezt a kémiatanítás során fel is használhatjuk, így motiválva a tanulókat és megvalósítva az integrációt más tantárgyakkal, például a történelemmel, irodalommal stb.

Az eredetmondák, a Biblia tanulmányozása során igen sok megmagyarázhatatlannak tűnő eseménnyel, „csodával” találkozhatunk, gondoljunk csak a csodálatos kenyérszaporításra, a vízenjárásra vagy a halottak feltámasztására.

Talán nem tűnik eretnekségnek, ha néhány természetfölötti jelenségnek megpróbálunk természettudományos magyarázatot adni, vagy legalább megpróbáljuk modellezni a folyamatot. „Az égő csipkebokor”, „a keserű víz”, „a víz borrá válása”, „a torinói lepel titka”, „a kumráni tekercsek”, „a nápolyi csoda” stb. kémiai magyarázata vagy szemléltetése érdekesebbé,

vonzóbbá teheti a tanítást, és a törzsanyag sok-sok témaköréhez kapcsolható (pl. termokémia, kolloidika, redoxifolyamatok, stb.).

A gyerekek –beleértve a tizenhat-tizenhét éves, nagy gyerekeket és szüleiket, nagyszüleiket is – szeretnek kísérletezni. Minden, ami nem hétköznapi, nem szokványos, színes, füstöl, esetleg robban, kisebb-nagyobb érdeklődést vált ki minden generációból. (És nem utolsósorban színesítik – szó szerint – a kémiaórákat.) Nézzünk meg kettőt ezek közül!

A nápolyi csoda

Amost ne a Közértben kapható finomságra tessék gondolni! A nápolyi csoda az olasz városban évről évre többször megismétlődő misztikus esemény.

A keresztények egyik kedvelt zarándokhelye Nápoly. Talán sokan nem tudják, hogy a turistalátványosságok mellett van még valami, ami különlegessé teszi ezt az olasz várost: a hely védőszentjének, San Gennaronak ereklyéje, a szent évente többször folyékonyvá váló és újra megalvadó vére.

Az előzményeket érdemes röviden felidézni. A korai keresztényüldözések idejében – az időszámítás utáni negyedik század elején – Gennaro (vagy latin nevén Januarius) püspököt több paptársával együtt lefejezték. Néhány évtized múlva ereklyéit Nápolyba vitték, és a szenté avatott vértanút a város védőszentjének választották. Az 1400-as évektől a többi ereklyén kívül a vértanú vérét tartalmazó két kis üvegcsce is megjelent a szertartásokon. Az üvegcséket zárt ereklyetartóban tárolják, trezorban őrzik. Évente csupán három alkalommal körmenetben viszik körbe a városon, és ekkor rituális mozdulatok és rázás közben a vér folyékonyvá válik, majd ismét megalvad. [1]

Számos tudós foglalkozott a „nápolyi csodával”, többen próbálták reprodukálni a jelenséget. Egy lehetséges megoldás a következő kísérlet.

Az ereklye „titka” a kolloidikából ismert tixotrópia jelensége.

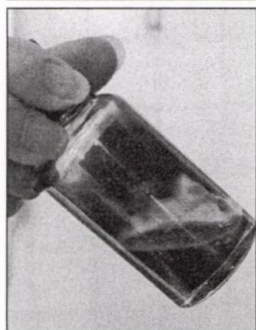
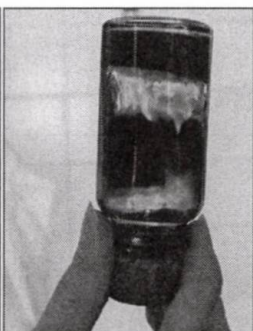
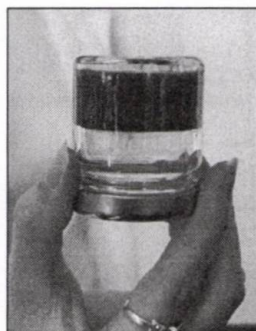
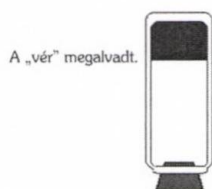
Mi a tixotrópia? Számos liofil szolnál tapasztalható, hogy a szol állandó hőmérsékleten nyugodt állás közben elveszti folyékony jellegét, gélle alakul át, de a gél mechanikai hatással, rázással, keveréssel újból szollá alakítható vissza. Ez a jelenség a tixotrópia. Tixotrópiát főképp olyan liofil szoloknál tapasztalunk, amelyeknek részecskéi anizodimenziósak, pálcika vagy lemez alakúak, de nem túl hajlékony fibrillák. A folyamat lényege tehát a részecskék nagy liofilitása és a közöttük lévő adhézió. Éppen ezért a tixotróp megszilárdulás idejét adalékanyagokkal, például elektrolitokkal is befolyásolhatjuk.

Kísérlet:

Egy 400 cm³-es főzőpohárban 100 cm³ desztillált vízben oldjunk fel 116,5 g porrá tört FeCl₃·6H₂O-t! Addig adjunk hozzá szilárd ammónium-karbonátot, amíg az elegyítés helyén keletkező csapadék összekeveréskor már fel nem oldódik! Ez körülbelül ekvivalens mennyiségű, 62 g (NH₄)₂ CO₃-ot jelent. A keletkező szolt azonnal dialízisnek vetjük alá. A dialízis feladata: a szolban lévő, annak stabilitását és sajátságait megváltoztató elektrolit eltávolítása. Ha egy oldatot a tiszta oldószertől féligáteresztő hátyával elválasztunk, akkor az oldat ionjai vagy molekulái átdiffundálnak a hátyán, s egy bizonyos idő múlva a hátya mindkét oldalán azonos lesz az ion-, illetve a molekulakonzentráció. Ha elektrolitot tartalmazó szolt dializálunk, s a hátya pórusméretét úgy választjuk meg, hogy a szolrészecskék ne tudjanak átdiffundálni rajta, akkor az oldószert folytonos cserélésével a szol elektrolittartalma tetszés szerint csökkenthető.

A dializátorok a Graham által először használt berendezés elvén alapulnak: fő részük egy, a dializálandó anyagot tartalmazó tartály, amelyet az oldószertől szemi-permeabilis hátya választ el.

(A vas-hidroxid szol dialízise egy héten keresztül zajlik, az oldószer szerepét betöltő desztillált vizet kezdetben naponta, majd kétnaponta cseréljük.) A dialízis befejezése után a vas-hidroxid szolhoz folyamatos keverés mellett – mágneses keverő – kis részletekben szilárd káliumkloridot adunk, amíg meg nem indul a szol-gél átalakulás. Az elektrolit hozzáadása után néhány percig még kevertessük az elegyet, majd hagyjuk állni. Figyelni kell arra, hogy tényleg kis részletekben adjuk az elektrolitot a szolhoz, mert az átalakulás hirtelenszerű. Ha a keverék nem elég vérszerű, akkor egy kis KSCN hozzáadásával színezhetjük vörösré elegyünket. [1, 2]



A nápolyi csoda, a megalvadozó és újra folyóssá váló vér rejtélye 9. osztályban, az oldatokról szóló anyagrésznél mutatható be, de inkább csak kiegészítő anyagként, érdekességként. 11. osztály-

ban, a koloid rendszerek tárgyalásánál akár modellezni is lehet a jelenséget, ha adottak a feltételek és az eszközök, és a tanárnak van elegendő türelme a „vér” előállításához.

Az égő csipkebokor

A Bibliában olvashatjuk a következő történetet.

„Mózes pedig apósának, Jetrónak, Mádián papjának a juhait legeltette. Egyszer, amikor behajtotta a nyáját a puszta belsejébe, eljutott Isten hegyéhez, a Hórebhez. Ekkor megjelent neki az Úr angyala, tűz lángjában egy csipkebokor közepéből. Láttá ugyanis, hogy a csipkebokor lángol, de nem ég el.

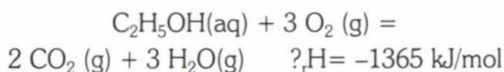
Erre Mózes így szólt: „Odamegyek, megnézem ezt a különös látványt, miért nem ég el a csipkebokor!” Amikor az Úr látta, hogy odamegy megnézni, szólította őt Isten a csipkebokor közepéből, és azt mondta: „Mózes, Mózes!” Ő azt felelte: „Itt vagyok!” Az Úr ekkor így szólt: „Ne közelíts ide! Oldd le lábadról sarudat, mert a hely, amelyen állsz, szent föld!” Azután azt mondta: „Én vagyok atyáid Istene, Ábrahám Istene, Izsák Istene és Jákob Istene.” Mózes erre eltakarta az arcát, mert nem mert Istenre nézni.” (Kiv 3, 1-6) [3]

Milyen kapcsolatban lehet ez a bibliai történet a kémiával? Próbáljuk meg szemléltetni az „égő csipkebokrot” egy kísérlettel.

Kísérlet:

Egy főzőpohárban elegyítsünk 50 cm³ 96%-os etil-alkoholt (lehet metil- vagy izopropil-alkohol is) és 50 cm³ vizet, majd egy vászondarabot, ami persze zsebkendő is lehet, mártsunk bele ebbe az 1:1 térfogatarányú keverékbe! Óvatosan csavarjuk ki a felesleget, majd a csipesszel tartjuk a Bunsen-égő lángjába! A zsebkendő láthatóan lángol, kék lánggal ég, de nem gyullad meg, sőt, meg sem pörköldök. Miért?

Vegyünk példának az etil-alkohol égését:



Vegyünk 100 g 1:1 arányú víz – etil-alkohol elegyet! 50 g etanol elégetésével 1484 kJ

hőenergiát nyerünk. Ahhoz, hogy 50 g vizet szobahőmérsékletéről – az egészséges életmód jegyében ez legyen 20 °C – felmelegítsünk 100 °C-ra, 16,7 kJ energia szükséges, az elpárolgotatáshoz további 112,8 kJ, ez összesen 129,5 kJ. Vagyis az alkohol égésekor keletkező hő többségét a levegő veszi át, csak egy kis része fordítódik a víz felmelegítésére és elpárolgotatására. A felszabaduló hőenergia tehát a levegő és a víz felmelegítésére fordítódik, így a vászondarab nem melegszik fel a gyulladási hőmérsékletére, nem gyullad meg. Vigyázni kell a megfelelő arányra: ha csökkentjük a víz mennyiségét, a zsebkendő megpörkölődik, túl sok víz jelenlétében pedig nem gyullad meg. (Megjegyzés: az 1:1 térfogatarányú elegyben az etil-alkohol kisebb sűrűsége miatt csak erős közelítéssel beszélhetünk az 1:1 tömegarányról, de a számolás és az elv bemutatása így sokkal egyszerűbb.) [4]

A kísérlet elvégezhető zsebkendő helyett bármilyen leveles ággal – a bibliai idézetnek megfelelően kereshetünk csipkebokrokat is, csak arra kell figyelni, hogy a leveleken maradjon megfelelő mennyiségű víz-alkohol elegy. Viszont a mi bokrunknak van egy nagy hátránya: nem beszél...

Ezek az ismeretek kapcsolhatók a 9. osztályos termokémia témakörhöz, az égéshő bevezetéséhez, tanulmányozásához; és felidézhetők a 10. osztályban az alkoholok reakcióinak részletes tárgyalásánál.

Cikkem célja az volt, hogy olyan lehetőségeket, módszereket, olyan tanári „fogásokat” találjak, amelyekkel a kémiát, ezt a kissé száraznak, unalmasnak látszó tantárgyat érdekessé, életszerűbbé lehet varázsolni.

Nem könnyű a kémiatanár feladata. A Nemzeti alaptanterv a kémiát már nem mint önálló tantárgyat tekinti, hanem mint egy műveltségi terület részét; így a kémiaoktatásra szánt idő kevesebb lett, ezzel szemben a helyi tantervekben megfogalmazott elvárások egyre nőttek. Hogyan

lehet ebben a labilisnak tűnő helyzetben jó munkát végezni?

Először is keresni kell az élet és a mindennapok különböző területeihez kapcsolódó kémiai vonatkozásokat: egy újságcikkben, egy könyvben vagy akár a fürdőszobában. Ha találunk valamit, kritikus szemmel meg kell vizsgálni, hogy mi az, ami tényleg felhasználható belőle a kémiaórák keretein belül.

Másodszor, ha az ismeretek adottak, ezeket valamilyen módon át kell adni a tanulóknak. Lehet történeteket mesélni, regényrészleteket felolvasni, látványos kísérleteket elvégezni vagy szorgalmi feladatokat adni. A legfontosabb mégis az, hogy izgalmasabb és hatékonyabb az oktatás, ha a gyerekek maguk mennek az ismeretek után; ha a tanár nem csupán átadja a saját tudását, hanem új ismeretekhez is jut. Hagyjuk érvényesülni, önállóan dolgozni a diákokat!

Két, látszólag teljesen különböző fogalmköröt kapcsoltam össze: a misztikát és a kémiát. Első ránézésre semmilyen összefüggés nincs közöttük, ám ha jobban megvizsgáljuk, rengeteg szál köti őket össze. Megtalálni mindegyikben a közös vonásokat, összekapcsolni őket; felolvasni, elmesélni a történeteket, megvalósítani a jelenségeket, kísérletezni: ez a kémiatanár feladata.

Irodalom

- [1] Mystery Matters – Robin Meadows: Saint's Blood, Chemistry Matters, February 1993, p12-15
- [2] Dr. Buzágh Aladár: A koloidika praktikuma, Tankönyvkiadó, Budapest, 1954
- [3] Biblia, Szent Jeromos Bibliatársulat, Budapest, 1997
- [4] Rózsahegyi Márta – Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994

Próder István

Vegyipar és társadalom*

A vegyipar és társadalom kapcsolatát vizsgálva jogosan gondolhatunk a társadalom és a kémia viszonyára.. Lényegében ugyanarról a dologról van szó. „Az a kulcs, amely a Föld anyagainak értékesítése érdekében a természet titkainak évezredek át érintetlen zárát fölpattintotta és a vegyészeti ipar kifejlődését lehetővé tette, a kémiai tudomány volt” írta Halmi Gyula a „Technikai fejlődésünk története, 1867-1927” című könyv „Vegyészeti iparunk” fejezetében.

A kémia helyét a természettudományokban 1808-ban Varga Márton szokatlanul szép című könyvében: A Gyönyörű Természet Tudományában a következőképpen határozta meg: „A Chemia a természet Tudományával feloldhatatlan szoros atyafiságban van és egy legnemesebb részét teszi”.

Nem egészen kétszáz évvel ezelőtt tehát a kémiát a „gyönyörű” természettudomány egyik legnemesebb részének tartották, az ismeretanyagán kifejlődött vegyipar pedig az iparnak, így hazai iparunknak is egyik legígéretebb ága lett.

A termelés növekedésével azonban a még hiányos ismeretek, a kiforratlan technológiák és a sokfajta emberi felelőtlenség gyakran jóvátehetetlen károkat okoztak környezetünkben.

A környezeti károk következtében romlani kezdett a vegyipar és a társadalom közötti kapcsolat. Így volt ez már az első, valóban nagyipari kémiai eljárásnak tekinthető technológiánál, a Leblanc-féle szódagyártásnál is. Kezdetben nem tudtak mit kezdeni a gyártás során melléktermékként keletkező, a környezetet károsító sósavval és a kalcium-szulfiddal.

A megoldás itt megszületett, egyrészt a melléktermékek hasznosítása révén, másrészt később a fejlettebb Solvay-féle eljárás megjelenésével. Számtalan hasonló példát lehetne említeni a szerves- és szervetlen vegyipar, petrokémia, gyógyszeripar vagy a műtrágyagyártás területéről, amikor új ismeretek nyomán, a megtanult kémiai törvényszerűségek alapján – de gazdaságossági kényszerből is – jó, korszerű megoldások jöttek létre. Az elért eredmények alapján a 20. század végére a vegyipar és társadalom kapcsolatának javulnia kellett volna, ennek ellenére azt tapasztaljuk, hogy tovább romlott. Ha ennek okait kutatjuk, a már említetteken kívül egy további, nagyon régi, de ma is nagyon nyomós okot találunk: a megfelelő ismeretek hiányát.

Justus Liebig (1803-1873), a 19. század egyik legnagyobb kémikusa szerint: „Speciális technikai kérdések elintézésének legelső feltétele a helyesnek a nem helyestől, a hasznosnak a károsból való megkülönböztetése. Ehhez pedig képzettség és ismeretek szükségesek”.

Megállapítása ma is időszerű, és a megoldás ennek alapján adott: a vegyipar helyes megítéléséhez, a vegyipar és társadalom kapcsolatának megjavításához ugyanaz az eszköz alkalmazható, mint amely a műszaki hibák kijavítását lehetővé tette, nevezetesen az ismeretek, a tudás birtoklása, az általános műveltséghez tartozó kémiai alapismeretek megszerzése.

A hasznos ismeretek megszerzésén kívül a kémia tanításának további eredményei is vannak. Loczka Alajos szerint: „a tanulók gyakorlatias észjárásra tesznek szert, feltámad érdeklődésük a bennünket körülvevő anyagi világ jelenségei, az ezeket irányító erők és törvényszerűségek

* A Magyar Vegyipar című folyóiratban egy cikksorozat indult Vegyipar és társadalom témában. Néhány írást ebből mi is olvasóink figyelmébe ajánlunk.

íránt..., gyakorolják a pontos megfigyelést, a kísérletek ránevelik őket a lényegesnek a lényegtelenről való megkülönböztetésére, megszokják, hogy az élet bármely területén igyekezzenek a dolgok mélyére hatolni, és ne vezessék őket tévútra a lényegnél sokszor feltűnőbb kísérő körülmények. Kifejlődik bennük a bíráló szelleme, és hozzászoknak a szabatos kifejezőmóddhoz”.

Hogy mindez mennyire így van, arra példaként idézhetjük az 1848/49-es forradalom és szabadságharc hadvezérét, Görgei Artúrt, (1818-1916) aki katonai iskolái után a prágai egyetemen kémiát tanult. Görgei saját írásai szerint sokat köszönhetett annak, hogy kémiai tanulmányai közben a minden eshetőséget gondosan mérlegelő kísérleti módszereket elsajátította.

Nekünk, akik a Magyar Vegyészeti Múzeumban dolgozunk, az nem lehet célunk, és nem is vagyunk illetékesek abban, hogy pedagógiai kérdésekkel foglalkozunk, vagy új kémiaoktatási elképzelésekkel álljunk elő. Mindössze annyit tehetünk, hogy felajánljuk segítségünket azoknak a pedagógusoknak, akik hivatásuk gyakorlása közben a magyar kémia történetének legkiemelkedőbb eseményeit is meg kívánják ismertetni tanulóikkal. Erre szolgálhatnak kiállításaink, rendezvényeink. Múzeumi kémiaórákat, környezetvédelmi foglalkozásokat tarthatunk az általános és középiskolai tanulóknak. Szakdolgozatok írásához forrásmunkákat adhatunk az egyetemistáknak, főiskolásoknak.

Talán nem tart bennünket szerénytelennek az olvasó, ha azt állítjuk, hogy gyűjteményeink anyaga alkalmas az érdeklődés felkeltésére. Akinek pedig egy téma felkeltette a figyelmét, az könnyebben megbirkózik a tárgyhoz tartozó nehezebb feladatokkal is.

Még mindig nem eléggé széles körben ismert, hogy Magyarország a 15. században Európa legfontosabb arany- és ezüsttermelő országa volt. A nemesfémbányászat szükségessé tette az ércek vizsgálatát, ami miatt a hazai kémiai tudás az akkori világ legjobbja volt. Később ugyanez mondható el kémiaoktatásunkról is, hiszen a 18. században Selmecbányán jött létre az a műszaki főiskola, ahol a világon először a hallgatók gyakorlati laboratóriumi oktatásban részesültek. Sel-

mecbányán kezdődött meg a mai értelemben is tudományos kutatásnak tekinthető kísérleti munka, amelynek művelői Jacquin Miklós, Giovanni Scopoli, Born Ignác, Ruprecht Antal, Müller Ferenc európai hírű tudósok voltak. A tudományos ismeretek megvitatására is hamarosan sor került, hiszen 1786-ban Born Ignác kezdeményezésére Selmecbánya mellett tartották a világ első nemzetközi tudományos konferenciáját, és itt alakult meg a világ első nemzetközi tudományos társasága.

A kiemelkedő alkotók életútjának, személyiségének megismerése is közelebb viheti a felnövő ifjúságot, így magát a társadalmat a kémiához.

A magyar származású kémiai Nobel-díjasokon: Zsigmondy Richárdon, Hevesy Györgyön, Polányi Jánoson és Oláh Györgyön kívül, a 17. századi Angliában tanító Bánfi-hunyadi János alkímistától a 20. század első évtizedeiben a magyar szerves kémiai kutatást megalapozó Zemplén Gézáig hosszú a sora azoknak a kémikusoknak, akik például szolgálhatnak a következő generációk számára.

Számon kell tartanuk az olajiparban tevékenykedő mérnököket, akik közül többen szabadságukat, sőt gyakran életüket áldozták hivatásukért, a professzorokat, akik a háború alatt megmentették, majd kiegészítették az egyetemi oktatási eszközöket, vagy 1956 után minden megtettek az elhurcolt egyetemi hallgatók megmentéséért. Ismerniük kell azoknak a feltalálók-nak a munkásságát, akik sokszor mostoha körülmények között nemzetközileg kiemelkedő alkotásokat hoztak létre.

A vegyipar és társadalom kapcsolatának javításáért az oktatás mellett maguk a vegyipari vállalatok tehetik a legtöbbet. A napjainkban már létező technikai lehetőségek – mint pl. az internet – további bővülésével a társadalom képes lesz „első kézből” jutni információkhoz, amelyeket ma a szenzációk keresése miatt gyakran elferdítve vagy hibásan kap meg.

A helyes tájékoztatás feladata és felelőssége a vegyiparé, közléseinek pedig a környezetvédelmi szempontból helyes intézkedések és a legkorszerűbb technológiák alkalmazása biztosíthat hitelességet.

Sajtóközlemény

Richter Gedeon Rt. a magyar kémiaoktatásért

A mai napon ünnepélyes keretek között vehette át négy kémiatanár kiemelkedő munkájáért „A Magyar Kémiaoktatásért”-díjat. A rangos elismerést a Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásáért kuratóriuma évente ítéli oda azon középiskolai és általános iskolai kémiatanároknak, pedagógusoknak, akik áldozatos munkájukkal járulnak hozzá a magasabb színvonalú képzéshez. Az alapítvány 2001-ben **Endrész Gyöngyi, Dr. Forgács József és Meleg István** középiskolai tanárok (200-200 ezer forinttal), valamint Balogh Terézia általános iskolai pedagógus (150 ezer forinttal) a kémiaoktatásban és a kémia oktatásért végzett munkáját ismerte el.

Az Ericsson Magyarország Kft., a Graphisoft R&D Rt., valamint a Richter Gedeon Rt. vezetői a mai napon közös sajtótájékoztatón jelentették be, hogy a három nagyvállalat által alapított RÁTZ TANÁR ÚR ÉLETMŰDÍJ-at első alkalommal 2001. november 19-én adják át. A díjkiosztó gálaestre a Thália Színházban kerül sor a hazai közélet számos jeles képviselőjének részvételével.

A Richter Gedeon Rt. – társadalmi szerepvállalásának megfelelően – a magyar egészségügyet és az oktatást támogatja, mely területek pártfogására számos alapítványt hozott létre. A társaság pályázatokon és alapítványokon keresztül évente több millió forinttal segíti a fiatal vegyeszmérnök- és gyógyszerész-hallgatók továbbképzését éppúgy, mint a kémiában kiemelkedő tehetségű középiskolásokat, valamint az oktatásban jelentős szerepet betöltő tanárokat. Társaságunk azonban nemcsak a vegyész szakemberek képzését támogatja, hanem jelen van a műszaki, az orvosi, valamint a közgazdaságtudományi egyetemek támogatói között is az ország számos pontján. A Richter Gedeon Rt. a magyarországi oktatás, képzés, felnőttoktatás, valamint a tudományos kutatás terén nyújtott kiemelkedő támogatásért 2000 decemberében az Oktatási Minisztérium Kármán Tódor-díjában részesült. A 2001 szeptemberében megrendezett Figyelő Top 200 gálán társaságunk, mint a közösségi célokért a legtöbbet és legeredményesebben tevő vállalat Felelősségtudatdíjat vehetett át.

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

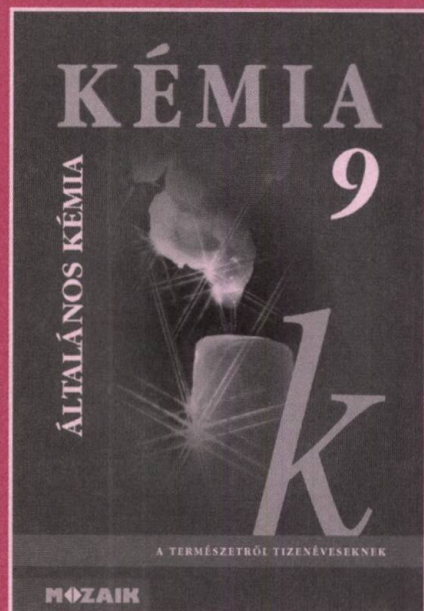
A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

Megjelentek a tankönyvcsalád
5. és 9. osztályos *kerettantervi* kötetei:
a Természetismeret 5., Földrajz 9., Fizika 9.,
Kémia 9. és a Biológia 9. tankönyvek.

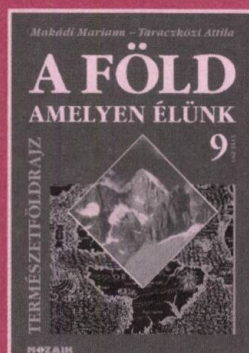
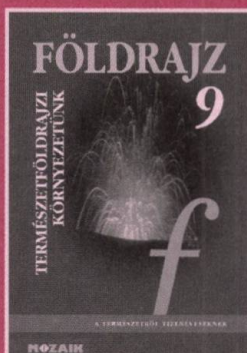
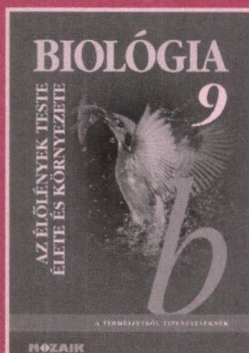
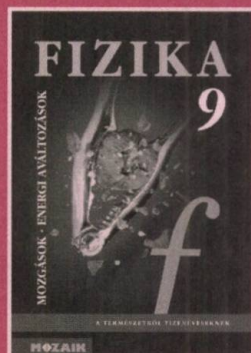
A 10. osztályos könyvek 2002 tavaszára,
a hatodikosok pedig a következő tanévre
készülnek el. A sorozat további tagjait
a kerettanternv bevezetésével
párhuzamosan dolgozzuk át.

A tankönyvekhez *munkafüzetek*
és *tudásszintmérő feladatlapok* kapcsolódnak.

A tanárok munkáját segítik
az *ingyenes tantervek* és *tanmenetek*,
melyek honlapunkról kinyomtathatók.



KERETTANTERVHEZ IGAZODÓ 9. OSZTÁLYOS KÖTETEK



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK